ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

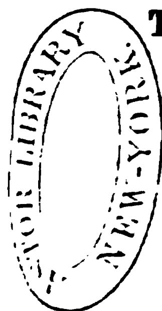
Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

3

TROISIÈME SÉRIE.



TOME X.

PARIS,
CHEZ CARILIAN-GŒURY, ÉDITEUR-LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, N° 41.

1836.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Directeur général. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'Ecole des mines, du chef de la division des mines, et d'un ingénieur des mines secrétaire-adjoint.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert* de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, à *M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois.—Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
RUE RACINE, N° 4, PLACE DE L'ODÉON.

MÉMOIRE

Sur la carbonisation de la houille à St.-Etienne et à Rive-de-Gier;

Par M. GERVOY, Ingénieur des mines.

La carbonisation se fait à Saint-Étienne et à Rive-de-Gier en plein air et dans des fours en employant exclusivement la houille menue.

§ I. *Carbonisation en plein air.*

On sait que ce procédé consiste à former des tas dans lesquels on ménage des conduits d'air au moyen de pieux sur lesquels la houille est damée. Il a été décrit en 1826 par M. l'ingénieur Laplanche (*Annales des mines*, Ire série, tome 13, page 505) et dès lors je me bornerai à indiquer les modifications qu'il a subies depuis cette époque.

On a complétement renoncé aux tas coniques, parce qu'ils donnaient lieu à une carbonisation trop inégale, et parce qu'ils exigeaient plus de main-d'œuvre et un terrain plus étendu que les tas allongés. Ceux-ci ont reçu une plus grande largeur. Elle a été pendant quelque temps de 5 mètres dans divers chantiers; on a même essayé de la porter à 8 mètres, dans le but d'économiser la main-d'œuvre et le terrain. Mais on a reconnu que d'aussi grandes largeurs donnent lieu à une carbonisation trop inégale (le centre d'où part le feu étant cuit avant les parties extérieures), et à un

trop grand déchet. La largeur qui paraît le mieux convenir à la plupart des houilles de Saint-Étienne est de 2^{m},30 à 2^{m},60

Les ouvreaux coniques ménagés dans l'intérieur des tas sont plus multipliés qu'autrefois, les centres de ceux d'un même étage étant distants seulement d'environ 0^{m},30. Ces ouvreaux ont 0^{m},11 à 0^{m},14 de diamètre, excepté les cheminées-maîtresses placées à 0^{m},60 ou 1 mètre d'intervalle, ayant 0^{m},19 à 0^{m},22 de diamètre, et dans lesquelles on jette quelques morceaux de houille embrasée pour allumer le tas. On a soin de damer la houille seulement dans le voisinage des trous afin de rendre le coke moins lourd.

La durée de l'opération dépend de la nature de la houille et surtout de l'état de l'atmosphère. Le tas brûle d'abord à cheminées-maîtresses découvertes pendant un jour. Après qu'elles sont bouchées, la combustion continue par les ouvreaux horizontaux et par les cheminées ordinaires, terme moyen, pendant 3 à 4 jours; alors on recouvre le tas de cendres et on étouffe au moins pendant 3 jours, et mieux pendant 8 à 10 jours si la fabrication n'est pas pressée. La carbonisation dure donc de 7 à 15 jours.

Pour former les tas on est obligé de mouiller la houille. On avait remarqué depuis longtemps qu'en arrosant le coke lors de la démolition des tas, il s'en dégageait une odeur annonçant la décomposition des pyrites par l'eau; on diminuait aussi le déchet, et on avait surtout pour but de diminuer la chaleur à laquelle les ouvriers sont exposés. Mais cette aspersion, faite le plus souvent en trop grande quantité, et sur des cokes déjà refroidis, imprégnait davantage le coke de la

cendre restée à sa surface; elle le rendait plus friable et plus noir, et y introduisait de l'humidité. On ne trouvait pas dans la pratique des usines que la désulfuration fût assez notablement augmentée pour compenser ces inconvénients. Par suite, et à la demande des consommateurs, on a renoncé presque partout à arroser le coke, si ce n'est lorsqu'on est très-pressé de l'expédier. On préfère l'étouffer plus longtemps, de manière à ce qu'il soit presque froid quand on démolit le tas.

En temps ordinaire, les houilles rendent ainsi 48 à 50 pour cent de coke. Quand il fait du vent on n'obtient souvent que 45 et même moins.

La main-d'œuvre est en général donnée à l'entreprise à 0f,15 les cent kilog. de coke, ou à 0f,20, en fournissant les banches et les outils, la houille étant d'ailleurs à pied-d'œuvre et l'eau à une petite distance.

§ II. *Carbonisation dans les fours.*

Les fours employés dans ce pays sont de deux espèces, désignées sous les noms de *fours anglais* et de *fours français*.

Les fours anglais (*Pl. I, fig.* 2) ont deux portes par lesquelles ont lieu l'enfournement et le défournement. Les fours français (*fig.* 1) ont seulement une porte par laquelle on ne fait que retirer le coke. L'enfournement a lieu par l'ouverture de la voûte; à cet effet on les adosse à une terrasse qui permet de décharger les voitures au-dessus des fours.

Les fours français diffèrent encore des autres, en ce que dans ceux-ci l'air ne s'introduit que par des yeux ménagés dans les deux portes, tandis que dans les premiers c'est principalement par une petite galerie *a b c d e*, qui débouche à l'extré-

mité et aux deux côtés de la sole. Rien n'empêcherait d'ailleurs d'avoir dans les fours anglais des galeries parallèles débouchant de même sur la sole, ce qui rendrait la carbonisation plus égale.

Les deux portes des fours anglais présentant plus de facilité pour le défournement, on peut donner à ces fours une forme plus allongée, en sorte qu'ils carbonisent en général deux fois plus de houille que les fours français. Cependant, l'avantage d'enfourner très-facilement ces derniers fait qu'ils sont ordinairement préférés.

Voici les principales dimensions d'environ 180 fours des deux espèces dans les fabriques les plus considérables du pays.

ESPÈCES des fours.	NOMS des fabriques.	SOLE. Longueur.	SOLE. Largeur.	Hauteur de la voûte.	Diamèt. de la chemin.
		mètr.	mètr.	mètres.	mètres.
Fours anglais, (à sole rectangulaire, dont les angles sont arrondis).	1. Grande-Croix.	5,50	2,60	1,30	0,49
	2. Le Canal. . .	4,55	2,90	1,15	0,38
		Diamètre.			
Fours français, (à sole ronde).	3. Terrenoire. .	2,25		1,00	0,32
	4. La Bérardière.	2,25		1,06	0,20
	5. Mions.	2,45		1,00	0,24
	6. Saint-Genest.	2,60		1,00	0,32
	7. Côte Thiolière.	2,65		1,05	0,32
	8. Terrenoire. .	2,75		1,00	0,38

On voit que la hauteur de la voûte est assez généralement de 1 mètre; elle est plus grande comme à la Grande-Croix quand les fours contiennent beaucoup de houille ou quand celle-ci est très-chaude, pour ne pas concentrer autant

la chaleur et pour ne pas attaquer la voûte. Dans les fours ronds la voûte sphérique repose sur des pieds-droits qui prennent la moitié de la hauteur totale de la voûte. Les galeries *a b c d e* ont généralement 0m,11 de coté et les ouvreaux 0m,027 de largeur sur 0m,27 de hauteur. Ces ouvreaux finissent par se remplir de cendres. Un moyen simple de les ramoner consiste à y jeter de l'eau quand on vient de défourner : les cendres sont entraînées par la vapeur (1). La sole est inclinée de 0m,027 par 2 mètres vers les portes ; les dimensions de celles-ci sont presque les mêmes dans les différents fours.

La construction des deux espèces de fours a lieu à peu près de la même manière. On choisit un terrain très-sec, la moindre humidité ayant l'influence la plus fâcheuse sur la carbonisation. Il faut aussi autant que possible les placer dans un endroit abrité du vent. On les accole ensemble pour diminuer l'espace et la masse de maçonnerie et pour concentrer la chaleur.

Les fourneaux se construisent ordinairement en maçonnerie ordinaire de moellons jusqu'au niveau de la sole. Celle-ci est formée d'une rangée de briques posées de champ et à sec sur la maçonnerie inférieure par l'intermédiaire d'une couche de 0m,04 de sable ou de cendres. Ces briques, ainsi que celles qui forment les pieds-

(1) Ce moyen peut être employé aussi pour nettoyer les galeries des chaudières à vapeur, à l'aide d'un petit tuyau muni d'un robinet, et qui aboutit du dôme de la chaudière à l'entrée des galeries. Il pourrait servir en même temps à activer le tirage pendant quelques instants, si cela devenait nécessaire.

droits de la voûte, sont ordinairement d'une qualité un peu supérieure à celle des briques communes. On les tire de Sorbiers près St.-Étienne, ou du Mouillon près Rive-de-Gier; elles coûtent 3 fr. le cent. Mais à la rigueur on pourrait se contenter des briques communes du prix de 2f,50. Quant à celles de la voûte, ce sont presque toujours des briques réfractaires de qualité moyenne, connues à Lyon sous le nom de briques de Bourgogne et coûtant 18 fr. le cent. Dans quelques fabriques on a cherché à éviter cette dépense. A Saint-Genest, dans les fours n° 6 du tableau précédent construits tout récemment, on n'a fait en briques réfractaires que les deux cinquièmes de la voûte. Les fours de la Grande-Croix et du Canal (nos 1 et 2) ont été construits entièrement en briques de Rive-de-Gier. Mais ils ont été rapidement dégradés et la plupart même sont tombés; toute la voûte est hérissée de stalactites, et le centre, présentant une ellipse de deux mètres sur 1m,30, est entièrement tombé. A la Grande-Croix ces fours viennent d'être refaits, en mettant des briques réfractaires au centre de la voûte sur 2,m20 de diamètre; mais il paraît préférable de construire la voûte entièrement en briques réfractaires et encore dans ce cas on est obligé de réparer les cheminées au moins tous les ans.

Les briques de la sole sont de forme ordinaire, de 0m,22 sur 0m,11 et sur 0m,055. Celles des pieds-droits et surtout celles de la voûte, doivent être moulées en coins sur des modèles particuliers, pour qu'elles se joignent bien en prenant les diverses courbures auxquelles elles appartiennent. Elles ont en général 0m,18 à 0m,22 de longueur. Ordinairement on ne met à la voûte qu'une rangée de briques

recouverte de moellons et de terre. Il convient de revêtir ces moellons d'un carrelage en pente pour l'écoulement de la pluie. La cheminée est habituellement formée d'une grande brique creuse moulée exprès. Souvent aussi les parements des portes sont en briques réfractaires à cause de leur plus grande dureté. Le mortier employé pour les pieds-droits et la voûte est fait avec de l'argile grasse réfractaire, mélangée de 3 à 4 fois son volume de briques pilées.

Les voûtes cylindriques des fours anglais sont exécutées avec un cintre. Mais on n'en emploie pas pour les voûtes rondes. On est seulement guidé, comme dans les hauts-fourneaux, par une méridienne en bois clouée à un madrier vertical établi sur un pivot au centre du four. Il faut un petit cintre pour la porte sur laquelle la voûte principale doit porter, à moins qu'on n'emploie pour garantir les parois de la porte un châssis en fonte, qui permet alors d'élever sans cintre cette partie du four. A défaut de ce châssis, on relie souvent chaque côté de la porte par un ferrement vertical maintenu par des crosses rivées à l'intérieur du massif. Habituellement, le devant de la sole est formé d'une pierre de taille recouverte d'une forte plaque de fonte.

Les portes se ferment de diverses manières. On voit dans les anciens fours de Terrenoire des portes en fonte dont le châssis fait corps avec la plaque de sole; mais ces portes coûtent trop cher. Habituellement on se sert de châssis en fer garnis de briques. Quelquefois aussi, quand la cuite est plus longue, on monte à chaque opération un galandage en briques et en argile.

A Saint-Étienne la façon d'un four français se

paye 60 à 70 fr. Son prix total est d'environ 500 fr., en faisant la voûte et les pieds-droits en briques réfractaires, et de 400 fr. en faisant les pieds-droits en briques communes. On pourrait même, si on ne faisait que les deux cinquièmes de la voûte en briques réfractaires, et si on n'employait ni sole en fonte ni châssis en fer comme à Saint-Genest, réduire ce prix à 250 fr.

Voici le devis des derniers fours de Terrenoire (n° 8), de $2^m,75$ de diamètre (*fig.* 1) construits avec beaucoup d'économie par M. Merle :

Main-d'œuvre.	55^f »
Briques blanches. — 900 pour la voûte à $9^f,50$, et 50 pour la porte et la cheminée à 12 f. le 100.	91,50
Briques de Sorbiers. — 800 pour les pieds-droits, à 3 fr.	24 »
Briques communes. — 1500 à $2^f,25$.	32,75
Une plaque en fonte, 80 kilogr. à 30 fr. les 100 k.	24 »
Un châssis en fonte, formant l'armature de la porte, 80 kilogr. à 36 fr.	28,80
Une porte-châssis en fer et support des crochets.	12 »
Pierres brutes.	36 »
Chaux. — 5 bennes à $1^f,20$.	6 »
Sable et frais divers.	9,95
Total.	320^f »

Ce prix de 320 fr. est en dessous du prix habituel, parce que les briques réfractaires ont été faites très-économiquement dans les ateliers mêmes de M. Merle. En supposant que ces briques eussent été achetées à Lyon, et en mettant le prix de façon au taux habituel des entrepreneurs, le devis de ces fours s'élèverait, comme je l'ai dit, à environ 400 fr.

La façon des fours anglais les plus grands coûte 80 à 100 fr. Leur prix est de 6 à 700 fr. quand la voûte est entièrement en briques réfractaires.

La carbonisation se fait de la même manière dans les deux espèces de fours. Au commencement d'une campagne on allume un feu de grosse houille dans le four et on compte à peu près pour rien le coke qui en provient. Une seconde opération, faite de la même manière, est encore imparfaite; mais les suivantes, faites avec du menu sont bonnes, le four étant alors suffisamment échauffé. Si on voulait commencer en ne brûlant presque que du menu, il faudrait cinq à six opérations avant d'avoir de bon coke. A mesure que l'opération marche, on diminue de plus en plus les entrées de l'air, et on juge que la carbonisation est achevée, lorsque, la fumée ayant disparu, la flamme se raccourcit et devient claire, puis légèrement bleuâtre. On peut alors défourner immédiatement si la fabrication est pressée, ou sinon on laisse auparavant étouffer le coke pendant quelques heures en fermant complétement toutes les ouvertures, y compris la cheminée. Toutefois cet étouffement ne doit pas être trop prolongé pour que la chaleur de la sole puisse embraser la houille de l'opération suivante. Ordinairement cet étouffement dure 12 heures, sans que le fourneau se refroidisse trop. Quand on n'étouffe pas, on est assez souvent obligé, avec des houilles très-chaudes, telles que celles de la Coche, de l'Étang, de Reveux, de la Grande-Croix, etc., de laisser refroidir la sole pendant plus d'une heure avant de charger, pour ne pas surprendre la houille trop brusquement pendant la charge. A Rive-de-Gier, pour perdre moins de temps, on ménage dans les fours anglais des galeries *fg* (*fig.* 2), qu'on ouvre seulement pour rafraîchir les maçonneries voisines de la sole. On sait qu'au contraire, avec diverses houilles du midi

de la France, on est obligé de réchauffer la sole avec du bois ou avec du gros charbon avant de recharger le four.

La durée de l'opération, dans le plus grand nombre de fours, n'est que de 24 heures, et alors on défourne sans étouffer. Mais il est reconnu qu'on obtient de meilleur coke en prolongeant davantage l'opération. Aussi à Mions et à la Grande-Croix on la fait durer 2 jours y compris l'étouffement qui est d'environ 12 heures. Elle dure même 3 jours à la Bérardière; on obtient ainsi un coke carbonisé plus également, plus léger, et brûlant plus aisément; ce qui, avec la propriété de ne contenir que très-peu de cendres, convient surtout aux fonderies d'acier.

Il faut remarquer d'ailleurs, qu'on obtient ces résultats sans diminuer très-notablement la production annuelle des fourneaux; ce qui d'ailleurs serait assez peu important, leur prix étant peu élevé. Car, en faisant durer l'opération deux jours au lieu d'un, on peut augmenter les charges d'au moins moitié.

Les quantités de houille, que l'on charge ainsi dans les divers fourneaux et avec diverses allures, sont les suivantes. Les fourneaux sont ceux cités dans le tableau ci-dessus (page 6).

N° 1.	Grande-Croix traitent	3.000 kilogr. en	24 heures.
	idem	4.500	48
2.	Le Canal	2.640	24
3.	Terrenoire	1.130	24
4.	La Bérardière	1.800	72
5.	Mions	1.725	48
6.	Saint-Genest	1.300	24
7.	Côte-Thiolière	1.440	24
	idem	1.920	48
8.	Terrenoire	1.613	24

Au reste, les charges dépendent aussi de la nature des houilles qui se carbonisent plus ou moins vite. On peut sous ce rapport adopter les limites suivantes : pour fours anglais d'environ 5^m,50 sur 2^m,60, 2.700 à 3.000 kil.; pour fours ronds de 2^m,25, 800 à 1.000 kil.; pour fours ronds de 2^m,75, 1.300 à 1.500, le tout en 24 heures; et augmenter les charges de moitié pour 48 heures. Les fours ronds de 2^m,75 et l'allure de 48 heures à grandes charges paraissent le système préférable. Une durée plus longue présente peu d'avantage, à moins que le coke ne soit destiné à la fonte de l'*acier*, par exemple. Elle ne convient d'ailleurs qu'aux houilles très-chaudes citées précédemment.

La houille est enfournée à la pelle et avec des râbles qui l'étendent de manière à ce que la surface supérieure des tas dépasse le bord supérieur des ouvreaux. Le défournement est fait avec des *crochets*. Il est bon de les soutenir sur une barre de fer *ik* (*fig.* 1), suspendue sur ses crosses *l*, *m*, devant les portes du four au moment du défournement. Ces deux opérations exigent par four le travail de 2 hommes pendant 1 à 2 $\frac{1}{2}$ heures, suivant la charge et le genre de fours, non compris le travail des manœuvres qui approchent la houille ou qui transportent le coke dans les brouettes de fer, où il tombe à sa sortie du four. On n'a pas encore employé le mode de défournement usité au Creusot et à Firmy pour retirer tout le coke à la fois au moyen d'un grand râble en fer manœuvré par un manége. Ce procédé s'applique seulement aux fours anglais. Leurs portes ont les dimensions de la section transversale du four (*fig.* 4), et sont manœuvrées par des crics

comme les vannes d'écluses. Avant d'enfourner, on place sur l'axe de la sole une barre de fer *cd* coudée à son extrémité. Quand le coke est fait, on introduit dans le four, par la porte postérieure, un cadre en fer *a b b'*, que l'on accroche par des clavettes en *a*, *b*, *b'*, à la barre déjà posée, ainsi qu'à deux autres barres que l'on introduit alors dans le four au-dessus du lit de coke. Toutes ces barres sont réunies par des chaînes à un câble passant sur une poulie correspondant à chaque four, et ce câble est tiré par un manége à tambour. La sole étant inclinée de 0,15, le cadre en fer pousse toute la fournée devant lui comme le ferait un râteau. Ce procédé donne une économie d'environ un tiers sur la main-d'œuvre, lorsqu'on a un assez grand nombre de fours pour occuper un cheval de cette manière. Le défournement se faisant plus vite, les fours se refroidissent moins. C'est un avantage très-grand pour des houilles telles que celles de Firmy, que la chaleur de la sole a beaucoup de peine à embraser, tandis que pour les houilles de Saint-Étienne cela n'a pas lieu. La figure 4 représente un des fours de ce genre établis au Creusot, ainsi que le râble et les portes en fer. 30 fours, chargés chacun de 1.600 kil. de houille, rendent 53 pour cent, et la main-d'œuvre revient à $0^f,11$ le quintal métrique, y compris les outils et les réparations.

Dans les premiers temps on arrosait le coke à sa sortie des fours. Mais presque partout on y a renoncé par les raisons indiquées plus haut pour la carbonisation en plein air, excepté lorsqu'on est pressé de l'expédier. Dans quelques fabriques on trouve qu'en mouillant un peu la houille en l'en-

fournant, on obtient un coke en plus gros morceaux.

Les frais de main-d'œuvre sont payés aux entrepreneurs, terme moyen, $0^f,15$ par 100 kil., y compris l'entretien des outils et des fours qui absorbent le tiers de cette somme.

Le rendement en coke est variable suivant la nature des houilles, et aussi suivant qu'on opère sur de plus ou moins grandes charges. Avec des houilles tendres de première qualité, telles que celles de Mions, de Reveux, de Grangette, etc., on obtient 60 à 64 pour cent de coke à grandes charges; avec des houilles dures moins collantes que les premières, on obtient seulement 55 à 58; avec des houilles contenant plus de cendres, on va à 66. Mais pour la moyenne des houilles grasses de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, on ne doit compter que sur 60 à 62.

Il y a d'ailleurs entre les divers cokes une très-grande différence, soit sous le rapport des cendres qu'ils contiennent et qui varient de 3 à 16 pour cent, soit relativement à la chaleur qu'ils développent, en sorte que le prix des cokes est ordinairement de 1 fr. à $1^f,80$ les 100 kilogr., suivant qu'ils sont de seconde ou de première qualité; cette différence de prix devient d'ailleurs beaucoup moins sensible pour les exportations.

§ III. *Comparaison des deux modes de fabrication.*

Déchet. La méthode en plein air donne un déchet d'au moins moitié, tandis que dans l'autre il n'est que d'environ deux cinquièmes. Il faut ajouter à cette différence, les pertes qu'on éprouve

dans la carbonisation à l'air par suite de pluies ou de coups de vent qui quelquefois font perdre des tas tout entiers (1).

Main-d'œuvre. La conduite de la carbonisation en plein air demande beaucoup de soins pour empêcher que les trous ne s'engorgent ou que la masse ne s'affaisse, et pour remplacer lors de l'étouffement les cendres qui seraient entraînées par le vent. On est aussi obligé de se procurer de l'eau. Par suite, la main-d'œuvre, y compris l'entretien du matériel, y est plus chère d'environ un tiers. Cette différence n'est d'ailleurs pas compensée, dans une fabrication suivie, par les frais de construction des fours.

Qualité du coke. Le coke fabriqué en plein air est cuit beaucoup moins également, est plus lourd, plus friable, et brûle moins facilement que l'autre. Il a cependant été longtemps préféré à celui des fours pour la plupart des usages, comme étant mieux désoufré, à cause de la plus grande surface que la houille présente à l'air dans les tas. Il paraît toutefois que cette différence entre les quantités de soufre des cokes obtenus par les deux méthodes est très-peu considérable, et comme le coke des fours est presque toujours meilleur sous

---

(1) On a cherché à Alais à diminuer ces déchets par une méthode mixte qui consiste à carboniser la houille sur des aires rectangulaires, entourées de murs percés d'ouvreaux qui servent à pratiquer à la manière ordinaire des trous coniques dans la houille et à graduer l'action de l'air en fermant ces ouvreaux à volonté. La partie antérieure du four est fermée par un faux-mur monté à chaque opération et sert au défournement du coke. C'est surtout dans des fours de cette espèce que la méthode de défournement du Creusot serait avantageuse.

les autres rapports, il est généralement préféré maintenant, même pour les usages où la présence du soufre présente le plus d'inconvénients. Ainsi, la grande carbonisation en tas de Terrenoire, créée la première dans ce pays en 1823 pour alimenter les deux hauts-fourneaux, a été entièrement remplacée par 40 fours. Il en est de même pour les trois fonderies à la Wilkinson de Saint-Étienne, et même pour les fineries de la forge de Janon, quoique la densité du coke fait en tas soit avantageuse dans ces derniers fourneaux. Les usines à fer de la Nièvre, qui sont alimentées par les mines de Saint-Étienne, et qui autrefois inséraient dans leurs marchés que le coke serait fait en tas, demandent maintenant le coke des fours; et cet état de choses dure, à ma connaissance, depuis plusieurs années. Je citerai enfin à cet égard l'expérience de M. Hutter de Rive-de-Gier. On sait que cet habile manufacturier, dont la mort récente *est une si* grande perte pour l'art de la verrerie, est parvenu à remplacer le bois par le coke dans ses fours à sole tournante pour l'étendage des vitres, et il faut que le coke soit bien désoufré pour ne pas gâter le verre. Or, M. Hutter m'a affirmé qu'il ne mettait pas la moindre différence sous ce rapport entre les cokes faits en tas qu'il employait d'abord, et ceux des fours par lesquels il les avait remplacés. Ces dépositions si concluantes en faveur du coke des fours étant contraires aux idées théoriques admises assez généralement, j'ai cherché à constater directement les quantités de soufre contenues dans les deux espèces de coke. Comme la plupart des anciennes meules sont actuellement remplacées par des fours, je n'ai pu multiplier cette comparaison autant que je l'aurais voulu. Il fallait

en effet opérer sur des cokes provenant de la même houille, et j'ai été obligé, pour m'en procurer, de faire dans un des fours de la Bérardière, une cuite avec de la houille du puits des Genêts de la Ricamarie, la seule traitée en plein air dans le voisinage de Saint-Étienne et contenant d'ailleurs au moins autant de soufre que la moyenne des houilles de ce pays. M. Locard, préparateur de chimie à l'école des mineurs, ayant eu l'obligeance de rechercher le soufre dans cette houille et dans les deux cokes qu'elle a fournis, n'a trouvé entre eux, sous ce rapport, que des différences insignifiantes. Les deux cokes, après deux analyses pour chacun d'eux, ont donné à peu près 0,58 pour cent de soufre, et la houille 0,78 pour cent. Il faut remarquer, au reste, que dans les fours une moitié du soufre de la pyrite se dégage par la seule action de la chaleur, au moins aussi facilement qu'en plein air, et quant au grillage du protosulfure, il est fort possible que l'augmentation de déchet de la carbonisation en tas compense l'inégalité qui existe sous le rapport du grillage dans les deux méthodes.

Par suite des considérations précédentes, les fours ont remplacé sur la plupart des chantiers la fabrication en plein air. Elle n'existe plus aujourd'hui qu'à Frontignat, à la Ricamarie et à Roche-la-Molière. Encore celle de Frontignat va être remplacée prochainement par des fours. La méthode en plein air continuera cependant à être employée, parce que, n'exigeant qu'un matériel très-facile à transporter, elle se prête mieux à l'industrie des ouvriers marchands de coke, qui se placent temporairement sur les diverses mines dont les menus ne trouvent pas d'écoulement suffisant.

On peut évaluer à environ 55.000 tonnes la quantité de coke fabriqué annuellement dans l'arrondissement de Saint-Étienne, dont 38.000 faits dans les fours et 17.000 en plein air.

§ IV. *Des produits accessoires de la carbonisation.*

Les procédés ci-dessus décrits sont ceux qui s'appliquent généralement à la carbonisation de la houille, parce qu'on ne cherche à en retirer que du coke. Mais il y a dans l'arrondissement de Saint-Étienne quelques établissements où on recueille aussi certains produits volatils; ils sont même quelquefois l'objet principal de la carbonisation.

Les produits utiles de la carbonisation, autres que le coke, sont le *noir de fumée*, le *goudron*, l'*huile empyreumatique* et le *gaz hydrogène carboné*. Les proportions relatives de ces divers produits varient beaucoup suivant la manière d'opérer la carbonisation et suivant les diverses qualités de houille. Sous ce rapport, on peut distinguer les houilles de la Loire en 3 classes: 1° les houilles *grasses et tendres*, essentiellement maréchales, qui brûlent en se boursouflant et même en se fondant presque complétement; 2° les houilles *grasses et dures*, qui brûlent avec une chaleur plus soutenue, en se boursouflant moins; 3° les houilles *sèches*, brûlant sans se boursoufler. Ces diverses espèces se rencontrent souvent associées dans les couches d'une même concession. On peut citer, dans les exploitations actuelles, 1° comme houilles grasses et tendres, celles de la Grande-Croix, de la Gourle, du Reclus à Rive-

de-Gier et la plupart de celles qui entourent Saint-Étienne, telles que Mions, Reveux, le Treuil, Bérard, Côte-Thiolière, Roche, etc.; c'est l'espèce dominante; 2° comme houilles grasses et dures, celles du Gourdmarin, des Verchères et du Mouillon à Rive-de-Gier, la Malafolie, la cinquième couche de la Ricamarie, Grangette et Montsalson à Saint-Étienne; 3° comme houilles sèches les diverses bâtardes et les Grandes-Flaches de Rive-de-Gier, la Chana et Montrambert à Saint-Étienne.

Noir de fumée.

Les trois classes de houille se présentent sous ce rapport dans l'ordre suivant : houilles sèches, houilles grasses et dures, houilles grasses et tendres. Dans tous les cas, pour en retirer le plus possible de noir de fumée, il faut ne carboniser à la fois que de petites quantités de houille présentant une grande surface et donner extrêmement peu d'air.

Les houilles sèches conviennent seulement quand on cherche à retirer de la houille le plus possible de noir de fumée sans tenir au coke, qui devient alors un produit accessoire. C'est ce qui a eu lieu dans ces dernières années à la fabrique de Firminy. On se sert de petits fours demi-cylindriques, d'environ un mètre de diamètre sur deux mètres de longueur, communiquant avec des chambres de dépôt. On fait six charges par 24 heures, chacune seulement de 120 kilog. On obtient ainsi avec les meilleures houilles de ce genre $2\frac{1}{2}$ pour cent de noir, et seulement 25 pour cent d'un coke tendre, menu et mal cuit, dont on a beaucoup de peine à se défaire à 0f,40 les 100 kilog., parce qu'il ne peut servir qu'au chauffage de la

localité. Le noir se vendait, avant 1835, au moins 50 francs le quintal métrique ou les deux balles, non compris l'emballage qui coûte 12 francs. Ce prix, par suite de l'augmentation de production, et surtout de la concurrence anglaise, est réduit aujourd'hui à 14 francs, en sorte qu'il n'est plus possible de traiter les houilles de cette manière.

Les houilles grasses et dures donnent moins de noir que les précédentes, mais plus de coke et de meilleure qualité. Les proportions de ces deux produits varient inversement avec la même houille, suivant la masse sur laquelle on opère, et suivant qu'on donne plus ou moins d'air. Le maximum de noir est ordinairement de $1\frac{1}{2}$; mais au prix actuel de cette matière, le maximum de valeur des produits d'une houille de ce genre s'obtient en s'arrangeant de manière à avoir 55 à 58 pour cent de coke, qui est son maximum de rendement, et on a alors seulement $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ pour cent de noir.

Les houilles grasses et tendres ne conviennent pas à la fabrication du noir. Les houilles de ce genre de Mions, de Reveux, etc., si estimées sous d'autres rapports, et notamment pour la fabrication du coke, donnent au plus un millième de noir, et alors on a 58 à 60 pour cent de coke. Si on évite la formation de cette petite quantité de noir en augmentant d'un tiers la charge du four et en donnant plus d'air, de manière à ne pas mettre plus de temps à carboniser, le produit en coke s'élève à 60 ou 64 pour celles qui sont très-pures, et même à 66 pour celles qui contiennent plus de cendres. Aussi on a renoncé à Mions à la production du noir de fumée dans la fabrication du coke. Les résultats donnés à cet égard par

les trois premières chambres construites, ont empêché d'achever les neuf autres. Les douze fours marchent à cheminée ordinaire.

Les fours qui paraissent convenir le mieux à la carbonisation des houilles grasses et dures, les seules que l'on puisse traiter avec bénéfices pour noir de fumée, ont $2^m,10$ de diamètre sur $0^m,80$ de hauteur de voûte; leur charge est d'environ 600 kilogrammes à carboniser en 24 heures. Ces fours (*Pl. II*, *fig.* 1, 2, 3,) se construisent à peu près comme les autres; seulement ils n'ont pas de cheminée au centre de la voûte, et pas de galeries d'air. La cheminée ordinaire est remplacée par quatre ouvertures *a*, *b*, *c*, *d*, de $0^m,12$ de côté, aboutissant à une galerie *e f g* de $0^m,19$ de côté qui se joint à un conduit de $0^m,24$ de côté et de $2^m,60$ à $3^m,30$ de longueur aboutissant à la chambre de dépôt. Ce conduit, un peu incliné, est porté sur une maçonnerie en voûte. Chaque four a sa chambre de dépôt, à laquelle il convient de donner environ $2^m,60$ de largeur, 5 mètres de hauteur et 13 mètres de longueur. Elle est voûtée, et porte à son extrémité une cheminée de $0^m,11$ de côté. Par économie, deux chambres voisines ont un mur mitoyen sur lequel leurs deux voûtes s'appuient. Une construction de ce genre coûte environ 700 francs par chambre. Sur le derrière de chaque chambre est une porte voûtée *p* que l'on ferme hermétiquement à chaque opération avec des briques et de l'argile, et par laquelle on recueille le noir à des intervalles qui varient suivant la saison. En été on l'enlève seulement tous les mois, et en hiver dans les temps de grand vent toutes les semaines, dans la crainte que l'air en

pénétrant dans la chambre n'y mette le feu et ne cause de grandes pertes.

Le même four pourrait servir à traiter ainsi séparément des houilles grasses et dures pour coke et noir de fumée, et des houilles tendres pour coke seulement. Il suffirait de donner au four une galerie d'air comme à l'ordinaire, laquelle serait bouchée hermétiquement lors du traitement des houilles dures. Au lieu de 600 kilog., on porterait la charge en houille tendre à 800 kilogramm. pour 24 heures, ou à 1.200 kilog. pour 48 heures. Cependant, si on se trouvait ainsi dans le cas de carboniser des houilles des deux espèces, il vaudrait mieux se servir d'un four un peu plus grand, tel que celui de Mions (nº 5, 1er tabl., p. 6), et augmenter les charges précédentes d'un sixième.

Dans les trois fabriques de Firminy, de Rive-de-Gier et de Saint-Étienne, on a fabriqué en 1835 environ 140 balles de noir par mois, ou 84.000 kilog. dans l'année.

Goudron et huile empyreumatique.

Ces deux substances sont le produit de la distillation de la houille. A cet effet, la carbonisation s'opère dans deux fours superposés (*fig.* 4). L'un d'eux sert de cornue et est chauffé par la carbonisation du four inférieur, laquelle a lieu soit pour coke et noir de fumée, soit seulement pour coke. La voûte qui sépare les deux fours n'a que $0^m,16$ de hauteur et $0^m,22$ de flèche. Le four à goudron a 2 mètres de diamètre et $0^m,65$ de hauteur. La sole est beaucoup plus inclinée que dans les fours ordinaires pour faciliter le défournement. Les matières volatiles s'échappent par

un tuyau en tôle d'un grand développement et aboutissant dans une cuve d'eau où la plus grande partie du goudron se dépose. Un autre tuyau part du couvercle de cette cuve, et aboutit à un vase où le goudron et l'huile essentielle achèvent de se déposer.

Le four inférieur étant supposé marcher pour noir de fumée et ayant 2^{m},10 de diamètre est chargé de 600 kilog. de houille dure, et le four supérieur de 450 kilog. seulement en houille tendre. Le premier est défourné tous les jours, et le second tous les deux jours.

C'est surtout par les houilles tendres que le goudron et l'huile empyreumatique sont fournis. On en retire ainsi 2 $\frac{1}{2}$ à 3 pour cent de goudron, et en même temps 68 à 70 pour cent de coke, de qualité inférieure sous tous les rapports et valant un quart de moins que le coke ordinaire fait avec les mêmes houilles. Le goudron se vend 17 à 18 francs les cent kilogrammes.

Le goudron est mélangé ordinairement de un dixième de son poids d'huile empyreumatique qu'on peut en retirer en la recueillant à la surface du goudron et en distillant de nouveau celui-ci. Cette huile brûle parfaitement, sans résidu, et elle servirait très-bien, sans son odeur, à l'éclairage ordinaire. On l'emploie à Lyon pour produire le gaz et pour faire certains vernis. Le résidu du goudron, après le départ de l'huile empyreumatique, est solide, fusible et sans odeur; on l'emploie à l'état de mastic comme le bitume de Seyssel pour les terrasses.

Gaz hydrogène carboné.

Quant au gaz hydrogène carboné, les distinc-

tions établies plus haut dans la nature des houilles ne paraissent pas servir à indiquer leur effet utile en gaz. En effet, d'après des expériences faites au gazomètre de l'école de Saint-Etienne par MM. Jabin et Frichoux, dans le but d'apprécier les houilles sous le rapport de la production du gaz, les houilles grasses maréchales donnent des produits en gaz, supérieurs chez les unes et inférieurs chez les autres, à ce que donnent des houilles sèches. Ces quantités de gaz varient de 27.200 à 37.400 litres par quintal métrique de houille, avec des pouvoirs lumineux qui varient dans le rapport de 1 à 3. Les quantités de coke, obtenues ainsi dans de grandes cornues de fonte, ont varié de 65 à 83 pour cent de la houille distillée.

MÉMOIRE

Concernant de nouvelles expériences sur le frottement faites à Metz en 1833;

Par M. MORIN, capitaine d'artillerie.
(Extrait par C. BOULANGER, aspirant-ingénieur des mines.)

2e SUITE.

Les *Annales des mines*, 3e série, tome IV, p. 271, et t. VI, p. 73, contiennent les résumés des expériences faites en 1831 et 1832, par M. Morin, sur le frottement. M. Morin a continué en 1833 les recherches qu'il avait entreprises, et les a principalement étendues aux cas des matériaux employés dans les constructions; ses expériences, faites sur diverses pierres calcaires, les briques, etc., confirment les lois générales du frottement, c'est-à-dire que dans ce cas aussi, lorsque les surfaces planes sont en mouvement les unes sur les autres, le frottement est :

1° Proportionnel à la pression;

2° Indépendant de la vitesse;

3° Indépendant de l'étendue des surfaces;

Ces lois, vérifiées sur presque tous les corps en usage dans les constructions et les machines, dans un grand nombre de cas différents, soit par la nature, soit par l'état des surfaces en contact, peuvent donc être regardées comme générales.

Dans chaque cas examiné, M. Morin a fait un grand nombre d'expériences en faisant varier l'étendue des surfaces, la pression et la vitesse: il a

déduit de ces expériences des moyennes que nous donnons dans le tableau suivant :

Frottement des surfaces planes en mouvement les unes sur les autres.

INDICATION des surfaces en contact.	ÉTAT des surfaces.	DISPOSITION des fibres entre elles par rapport au sens du mouvement.	RAPPORT du frottement à la pression.
Pierre calcaire tendre sur pierre calcaire tendre.	Sans enduit.	»	0,64
Pierre calcaire dure sur pierre calcaire tendre.	*id.*	»	0,67
Brique ordinaire sur pierre calcaire tendre.	*id.*	»	0,65
Chêne sur . . *id.* . .	*id.*	Les fibres du bois sont verticales et perpendiculaires à la surface de la pierre.	0,38
Fer forgé sur *id.* . .	*id.*	»	0,69
Pierre calcaire dure sur pierre calcaire dure.	*id.*	»	0,38
Pierre calcaire tendre sur pier. calc. dure.	*id.*	»	0,65
Brique ordinaire sur pierre calcaire dure	*id.*	»	0,60
Chêne sur . . *id.* . .	*id.*	Les fibres du bois sont verticales et perpendiculaires à la surface de la pierre.	0,38
Fer forgé sur. *id.* . .	*id.*	»	0,24
Fer forgé sur. *id.* . .	Mouillées d'eau.	»	0,30

OBSERVATIONS.

Frottement de la pierre calcaire tendre sur du calcaire tendre. — Ce calcaire vient de Jaumont et appartient à la grande oolite ; il est rangé parmi ceux de dureté

moyenne. Il est jaunâtre, et pèse 2^{k},174 le décimètre cube.

Dans le glissement il se forme une poussière abondante provenant de l'usé des surfaces : cependant cette circonstance ne paraît pas influer sur l'intensité de la résistance, ni altérer en rien la loi de l'indépendance de la vitesse.

Dans les expériences où la surface était réduite à des arêtes arrondies, elle s'est usée rapidement, et à la fin des expériences la surface était de 0^{m},0168. Cette variation qui a eu lieu pendant six expériences, est assez rapide pourqu'on ne puisse regarder la surface comme ayant été tout-à-fait constante pendant chacune d'elles : on voit que la loi d'indépendance des surfaces s'étend même au cas où l'étenduede la surface de contact varie pendant le mouvement, ce qui est au reste une conséquence naturelle de l'existence de cette loi.

Frottement du calcaire dur sur le calcaire tendre. — La pierre dure, employée aux expériences, est le calcaire de Brouck appartenant au *muschelkalk* ; il est susceptible de prendre un beau poli : il pèse 3^{k},080 le décimètre cube. Après le mouvement, le calcaire dur est peu rayé et à peine usé en quelques points, mais le calcaire tendre est couvert d'une poussière abondante provenant de lui seul.

Frottement du fer en mouvement sur le calcaire. — Dans ce mouvement le fer se raie sans qu'il y ait altération dans les résultats ; si les surfaces sont mouillées d'eau, le frottement augmente d'intensité. Les aiguiseurs trouvent donc un double avantage à mouiller leurs meules, puisqu'ils ne sont pas obligés d'exercer une pression aussi forte que si elles étaient sèches, et qu'ils empêchent en outre le métal de s'échauffer, et par suite de se recuire quand il s'agit d'outils d'acier trempé.

L'état de mouvement étant celui où il importe le plus de considérer les machines, M. Morin s'est principalement occupé de la détermination des lois du frottement dans ces circonstances ; cependant, il a fait aussi quelques expériences pour apprécier l'influence d'un contact plus ou moins long entre les surfaces de glissement.

Il a reconnu ainsi qu'après un contact de quelques minutes, le frottement avait acquis son maximum et était encore indépendant de l'étendue des surfaces ; cette recherche conduisait naturellement à celle des lois de la résistance au glissement des assises, dans le sens des joints, lorsque le mortier a acquis, sinon toute la dureté que le temps peut lui donner, au moins celle qu'il a après un mois ou 40 jours, durée ordinaire, pendant laquelle on laisse en place les cintres et autres appareils de support. M. Morin remet à s'occuper avec détail de ce sujet, à l'année prochaine.

Les résultats obtenus dans les autres cas qu'il a examinés, sont contenus dans le tableau suivant:

Frottement des surfaces planes lorsqu'elles ont été quelque temps en contact.

INDICATION des surfaces en contact.	ÉTAT des surfaces.	DISPOSITION des fibres entre elles et par rapport au sens du mouvement.	RAPPORT du frottement à la pression (1).
Fonte sur fonte . . .	Avec enduit de saindoux.	»	0,10
Chêne sur chêne. . .	Sans enduit.	Les fibres du bois sont verticales ou perpendiculaires au sens du mouvement.	0,43
Pierre calcaire tendre sur pierre calcaire tendre.	*id.*	»	0,74
Pierre calcaire dure sur . . . *id.* . . .	*id.*	»	0,75
Brique sur. . *id.* . .	*id.*	»	0,67
Chêne sur . . *id.* . .	*id.*	Les fibres du bois sont verticales ou perpendiculaires au sens du mouvement.	0,63
Fer sur. . . . *id.* . .	*id.*	»	0,49
Pierre calcaire dure sur pierre calcaire dure.	*id.*	»	0,70
Pierre calcaire tendre sur. . . . . *id.* . .	*id.*	»	0,75
Brique sur. . *id.* . .	*id.*	»	0,67
Fer sur . . . *id.* . .	*id.*	»	0,42
Chêne sur . . *id.* .	*id.*	»	0,64
Pierre calcaire tendre sur pierre calcaire tendre.	Avec enduit de mortier formé de sable et de chaux.	»	0,74

(1) Après un contact de 10′ à 15′.

Ces résultats complètent ceux publiés précédemment; car avec eux ils comprennent la totalité des matières qui, dans les arts, sont soumises au frottement.

DU FROTTEMENT PENDANT LE CHOC.

Les expériences faites jusqu'ici, établissent d'une manière incontestable la généralité des lois du frottement de glissement, lorsque la pression reste constante; et comme ces résultats ont été vérifiés dans des limites très-étendues, il paraît naturel de croire qu'ils subsistent encore dans les cas où la pression varie d'un instant à l'autre, et acquiert rapidement une intensité considérable comme dans le choc; c'est ce qu'on admet généralement. Toutefois, M. Morin a cru qu'il serait intéressant de vérifier ces lois par quelques recherches directes; mais il importait auparavant de s'assurer de l'exactitude des lois de la transmission du mouvement par le choc, et de celles qu'on a admises jusqu'ici sur la pénétration des corps durs dans les milieux imparfaits, ou dans les corps plus ou moins mous. Dans ce but, M. Morin a entrepris plusieurs séries de recherches qui vont être succinctement indiquées :

§ I.

EXPÉRIENCES SUR LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT PAR LE CHOC.

M. Morin a disposé son appareil de manière à pouvoir apprécier les diverses circonstances de la transmission du mouvement, et notamment sa durée approximative. Cet appareil se compose d'une caisse A, *fig.* 1, *Pl. III*, en bois, dans laquelle on peut placer successivement de la terre glaise plus ou moins molle, du sable, des pièces de bois ou de fonte : elle est suspendue à un dynamo-

mètre *aa* calculé de manière à supporter sans altération un effort de traction de 200 kil. Le ressort prend un accroissement de flexion de $0^m,000314$ pour chaque kilog., et porte un style destiné à laisser une trace permanente de ses flexions. Ce style est formé par un tuyau en cuivre *fig.* 2, mobile à frottement doux, suivant l'axe d'une vis qui traverse un écrou taraudé dans l'anneau de tension : au moyen de cette vis on peut approcher ou éloigner le style de la feuille de papier appliquée sur le plateau mobile *ee* ; entre le bout de la vis et un collet ménagé au tuyau, on a interposé un petit ressort à boudin très-flexible, dont la tension suffit pour faire appuyer sans cesse l'extrémité du style sur la feuille de papier. Le tuyau est terminé par un cône qui s'y visse et dont le sommet arrondi est percé d'un trou capillaire, de manière que la trace qu'il laisse n'a que $0^m,0003$ de largeur au plus. Le tuyau était, dans les expériences, placé horizontalement, et il était rempli d'encre de Chine.

Le plateau *ee*, destiné à recevoir la trace des flexions du ressort, est animé d'un mouvement de rotation uniforme, transmis à l'aide d'un volant à ailettes *ff*, *fig.* 1, et d'un contre-poids. On ne pouvait ici employer un appareil d'horlogerie, parce que le ressort n'aurait pas été assez fort pour faire tourner le plateau lui-même, et, comme d'ailleurs les phénomènes s'accomplissent dans un intervalle de temps qui souvent n'est pas de $\frac{1}{100}$ de seconde, il eût été difficile d'obtenir par ce moyen un mouvement assez rapide et uniforme.

Pour parvenir à ces résultats, un petit treuil a été placé dans les combles de la halle des fontes;

autour de ce treuil de $0^m,10$ de diamètre s'enroule une corde à laquelle est suspendu le poids moteur; mais afin que le poids de la corde n'ait aucune influence sur le mouvement, une autre corde de même diamètre, et tendue par un petit contre-poids, s'enroule quand l'autre se déroule; sous chacun des contre-poids est attaché un bout de corde qui descend jusqu'au fond de la fosse, de sorte que les longueurs de corde entre le sol et le treuil sont toujours les mêmes. L'axe du treuil porte un tambour de $0^m,40$ de diamètre, qui, ainsi que le treuil, est parfaitement équilibré autour de cet axe. Une corde sans fin qui enveloppe le tambour vient embrasser une poulie de $0^m,14$ de diamètre, sur l'arbre de laquelle est monté un volant à 4 ailettes de $0^m,1$ carré, dont le milieu est à $0^m,30$ de l'axe de rotation. Une seconde poulie que porte encore le même arbre, transmet, par une corde sans fin, le mouvement au plateau qui doit recevoir la trace du style. En observant le mouvement, on a trouvé qu'au bout de 8 à 10 secondes le mouvement devenait très-sensiblement uniforme.

D'après cette disposition, quand la caisse A recevra un choc et acquerra une certaine vitesse, le crochet de tension du dynamomètre prendra le même mouvement, et le style tracera sur le plateau une courbe qui, fournissant une relation entre l'espace ou la quantité dont la caisse sera descendue, et le temps où l'arc décrit par le plateau, mettra à même de déterminer la vitesse imprimée à cette caisse par le choc. La résistance du ressort augmentant à mesure que la caisse s'abaisse, finira par éteindre sa vitesse, et la réaction produira un mouvement ascendant qui sera suivi

d'une descente et ainsi de suite. On aura donc sur le plateau une courbe ondulée, dont chaque ondulation correspondra à une oscillation du ressort. L'amplitude de ces oscillations diminuera de plus en plus, à cause des diverses causes qui consomment une certaine quantité de travail, et le mouvement finira par s'éteindre(1).

Pour suspendre les corps choquants, on a employé deux couples de pièces verticales pendantes *k*, *k* (*fig.* 1) percées à hauteurs égales, de trous espacés de 0m,05, et placées symétriquement par rapport au plan vertical de suspension de la caisse; deux chevilles en fer, introduites dans les trous correspondants d'un même couple, servent de support à une traverse en chêne *l l*, dont le milieu correspond exactement à celui du dynamomètre. On peut à volonté faire varier la hauteur de la traverse *l l*: elle est traversée par une vis *o*, qui passe librement à travers un trou pratiqué en son milieu ; la tête de la vis soutient un étrier *q* qui porte l'axe d'une tenaille entre les branches de laquelle on engage le nœud d'une corde attachée à un projectile: la tenaille est maintenue fermée par un fil qui relie ses deux longues branches. Enfin la vis est filetée sur 0m,10 de longueur, ce qui permet de régler convenablement la hauteur du corps choquant au-dessus de la caisse. Lorsque tout est

(1) Il ne sera pas sans intérêt de faire remarquer qu'on pourrait appliquer un appareil de ce genre à la détermination de la loi des vibrations des lames élastiques, et obtenir ainsi une courbe qui donnerait une liaison entre le temps, la résistance des lames et l'effort employé à les faire vibrer : il serait même possible de déterminer par l'expérience la position des nœuds de vibration des lames élastiques en garnissant la lame de plusieurs styles.

disposé pour l'expérience, on lâche le corps en brûlant le fil qui relie les longues branches de la tenaille ; il tombe alors en vertu de son poids et atteint la caisse avec une vitesse qui dépend de la hauteur de sa chute, car on peut dans toutes les expériences négliger la résistance de l'air. Cette caisse prend un mouvement oscillatoire tracé par le style avec une régularité et une continuité parfaites.

Il n'est nécessaire de considérer ici que la première demi-oscillation descendante, et la transformation de cette portion de la courbe en une autre courbe en coordonnées rectangulaires n'offre aucune difficulté. Comme la courbe quitte le cercle de départ tangentiellement, le point de séparation est un peu incertain, mais l'erreur ne peut avoir d'influence notable sur la forme de la courbe à une certaine distance. La courbe relevée étant construite, la tangente trigonométrique de l'angle d'inclinaison de ses tangentes sur l'axe des abscisses ou des temps, donnera la vitesse de descente de la caisse pour l'instant correspondant à l'abscisse du point de contact; et, puisque cette vitesse croît depuis zéro jusqu'à une certaine valeur *maximum*, correspondante à la fin du choc ou de la réaction réciproque des deux corps, pour décroître ensuite jusqu'à zéro, il s'ensuit que la courbe relevée aura un point d'inflexion pour lequel la tangente à la courbe fera, avec l'axe des abscisses, le plus grand angle possible : la tangente trigonométrique de cet angle donnera la valeur de la vitesse *maximum* et finale imprimée à la caisse lorsque le choc aura cessé.

La loi géométrique de la courbe dépend de la compression des corps en contact, et serait par

conséquent fort difficile à déterminer ; mais il n'est pas nécessaire de la connaître pour trouver approximativement la vitesse imprimée au corps après le choc. Il suffira en effet de connaître l'inclinaison de la tangente à la courbe en son point d'inflexion ; or, de part et d'autre de ce point, la courbe est sensiblement en ligne droite, et les points relevés sont très-rapprochés les uns des autres, puisqu'on peut facilement les obtenir de demi-degré en demi-degré, ce qui correspond à des intervalles de 0″,0035 au plus. On pourra donc déterminer à très-peu près la position de cette tangente en menant à la règle une ligne droite qui passe par les deux ou trois points entre lesquels doit évidemment se trouver le point d'inflexion. D'ailleurs on peut observer que cette tangente est celle qui fait le plus grand angle avec l'axe des abscisses. Cette construction ne détermine pas exactement le point d'inflexion, et comme d'ailleurs l'origine est un peu incertaine, on ne peut avoir qu'approximativement la longueur de l'abscisse du point d'inflexion, c'est-à-dire que la durée de la transmission du mouvement ne peut être assignée exactement.

Les résultats de ces expériences peuvent actuellement être comparés à ceux des formules données par la théorie du choc en mécanique. Nous rappellerons que si on nomme :

P le poids de la caisse qui reçoit le choc, y compris le poids de sa suspension et de la lame inférieure du ressort ; et en négligeant celui de la lame supérieure, dont les extrémités seules s'abaissent, ce qui compense sensiblement l'excès de vitesse qu'on attribue à celles de la lame inférieure, on admettra que toutes ses parties ont la même vitesse ;

p le poids du projectile ;

v la vitesse due à la hauteur h qui sépare le projectile de la surface des corps choqués;

u la vitesse commune aux deux corps à l'instant de la plus grande compression;

V' la vitesse imprimée à la caisse après le choc;

V celle du projectile au même instant.

On aura, d'après la théorie du choc des corps, pour le cas des corps mous ou d'un corps dur et d'un corps mou,

$$u = \frac{p}{P+p} v \text{ et } V = V' = u,$$

et pour celui des corps élastiques,

$$V' = 2u = \frac{2p}{P+p} v \text{ et } V = 2u - v.$$

Les expériences faites pour vérifier ces lois théoriques sont rapportées dans les tableaux suivants:

TABLEAU I. — *Expériences sur la transmission du mouvement par le choc d'un corps sphérique en fonte sur une caisse remplie de terre glaise.*

Numéros des expériences.	Poids de la caisse et de sa suspension P.	Poids de la sphère *p*.	Poids total P+*p*.	Haut. de la chute de la sphère *h*.	Vitesse due à la haut. *h*, *v*.	Vitesse communiq. à la caisse. d'après la théorie *u*.	Vitesse communiq. à la caisse. d'après l'expér. *u*.	Durée approx. de la transmiss. du mouvement.
	kilog.	kilog.	kilog.	m.	m.	m.	m.	secon.
1	60,235	6	66,235	0,20	1,981	0,189	0,182	0,017
2	60,235		66,235	0,40	2,801	0,268	0,260	0,012
3	60,235		66,235	0,50	3,135	0,300	0,280	0,020
4	61,095		67,095	0,50	3,135	0,280	0,285	0,020
5	60,235	11,988	72,223	0,10	1,400	0,232	0,255	0,026
6				0,10	1,400	0,232	0,260	0,025
7				0,20	1,981	0,330	0,330	0,019
8				0,20	1,981	0.330	0,335	0,019
9				0,30	2,426	0,403	0,400	0,021
10				0,30	2,426	0,403	0,350	0,021
11				0,30	2,426	0,403	0,410	0,023
12				0,40	2,801	0,465	0,462	0,024
13				0,40	2,801	0,465	0,479	0,025
14	60,235	20,280	80,515	0,10	1,400	0.353	0,366	0,025
15				0,10	1,400	0,353	0,366	0,024
16				0,20	1,981	0,499	0,490	0,020
17				0,20	1,981	0,499	0,365	0,024
18				0,35	2,620	0,660	0,615	0,026
19				0,35	2,620	0,660	0,600	0,025
20	67,025	6	73,025	0,20	1,981	0,163	0,165	0,063
21				0,20	1.981	0,163	0,150	0,063
22				0,30	2,426	0,199	0,185	0,062
23				0,40	2,801	0,230	0,215	0,062
24	67,025	20,025	87,305	0,10	1,400	0,325	0,305	0,073
25				0,10	1,400	0,325	0,363	0,083
26				0,20	1,981	0,460	0,440	0,072

Dans les 19 premières expériences, la terre glaise qui remplissait la caisse avait beaucoup de consistance; elle avait été préparée par des potiers pour être employée à la fabrication des pots en terre et des fourneaux. Dans les expériences sur la pénétration elle a donné 29 677 kil. pour la valeur moyenne de la résistance constante à la pénétration.

La terre glaise employée dans les 7 dernières expériences était très-molle et très-collante. On a trouvé, pour valeur moyenne de la résistance à la pénétration, par mètre carré 1.689 kilogr.

Il résulte donc de cette comparaison que les vitesses théoriques et celles déduites des expériences présentent entre elles des différences, tantôt en plus tantôt en moins, qui ne surpassent jamais $\frac{1}{15}$ ou $\frac{1}{16}$ de la vitesse théorique. Ces expériences offrent donc une vérification complète des conséquences de la théorie en ce qui concerne le choc d'un corps dur sur un corps mou.

M. Morin a encore vérifié ce résultat dans le cas du choc d'un corps sphérique en fonte sur une caisse remplie de sable fin extrait de la Moselle, et aussi dans le cas où le corps choqué était formé de pièces de bois de $0^m,08$ d'épaisseur. Ces pièces de bois étaient disposées en lits croisés. Il résulte de ces expériences que le bois, au moins disposé de cette manière, doit être assimilé aux corps mous.

TABLEAU II. — *Choc d'un corps sphérique en fonte sur une plaque en fonte.*

NUMÉROS des expériences.	Poids de la caisse et de sa suspension P.	Poids de la sphère p.	Poids total P + p.	Haut. de la chute de la sphère h.	Vitesse due à la haut. h, v.	Vitesse commun. à la plaque. d'après la théor. u.	Vitesse commun. à la plaque. d'après l'expér. u.	Durée approx. de la transmiss. du mouvement.
	kilog.	kilog.	kilog.	m.	m.	m.	m.	seconde.
1	61,215	6,00	67,215	0,40	2,801	0,500	0,500	0,0085
2	*id.*	*id.*	*id.*	0,40	2,801	0,500	0,480	0,0085
3	*id.*	*id.*	*id.*	0,50	3,135	0,560	0,570	0,0100
4	*id.*	*id.*	*id.*	0,50	3,135	0,560	0,560	0,0100
5	*id.*	*id.*	*id.*	0,60	3,433	0,633	0,626	0,0080
6	*id.*	*id*	*id.*	0,60	3,433	0,633	0,610	0,0080
7	*id.*	11,9[illegible]	73,203	0,20	1,981	0,648	0,720	0,0070
8	*id.*	*id*	*id.*	0,20	1,981	0,648	0,750	0,0070
9	*id.*	*id.*	*id.*	0,49	2,801	0,917	0,910	0,0065
10	*id.*	*id.*	*id.*	0,49	2,801	0,917	0,950	0,0065
11	*id.*	*id.*	*id.*	0.50	3,135	1,026	1,005	0,0075
12	*id.*	*id.*	*id.*	0,50	3,135	1,026	1,050	0,0075

Les résultats des expériences ci-dessus montrent que la plaque de fonte par l'intermédiaire de laquelle le mouvement a été transmis, a agi comme un corps parfaitement élastique, mais il paraît qu'il n'en est pas de même du boulet. En effet, on observe que le son du premier choc est suivi de plusieurs autres coups successifs, et la courbe de la descente tracée par le style montre une série de points d'inflexions qui indiquent l'effet de plusieurs chocs; mais après un temps qui n'a jamais surpassé 0″,2, on n'observe plus d'inflexions, c'est-à-dire qu'alors toute réaction est terminée. Or, en considérant le boulet comme un corps parfaitement élastique, il doit remonter avec une vitesse $2u-v$, et si on calcule le temps nécessaire pour qu'il vienne de nouveau choquer la plaque, on trouve qu'il a dû s'écouler 0″,428 entre le premier et le second choc, tandis que d'après la courbe ce temps n'est réellement pas au-dessus de *0″,01*. *De plus*, le projectile devrait s'écarter d'une manière notable de la plaque, tandis que les expériences montrent qu'il s'en écarte toujours très-peu; il est donc bien évident que le projectile n'a pas la vitesse de retour $2u-v$, et que par conséquent il ne se comporte pas comme un corps élastique.

M. Morin explique cette anomalie en faisant observer qu'il se produit dans la plaque deux sortes de flexions : les unes qui ont lieu aux points de contact, et qui déterminent le volume de l'impression, et les autres, qui s'étendent à toute la plaque et lui font prendre une courbure générale. Si les efforts de compression développés aux points de contact, pendant l'acte du choc, surpassent la limite d'élasticité de la matière qui compose ces

parties, cette élasticité est altérée, et le projectile n'est renvoyé qu'avec une vitesse presque nulle, tandis qu'au contraire ces mêmes efforts ne surpassant pas la limite d'élasticité générale de la plaque, celle-ci peut fléchir sous leur action et reprendre par une suite de vibrations sa forme primitive ; et comme elle transmet par ses points d'appui sur la caisse les efforts auxquels elle est soumise, elle agit sur celle-ci à la manière des corps parfaitement élastiques, et prend avec elle la vitesse $2u$.

On conçoit d'après cela que la vitesse de retour du projectile doit dépendre de l'altération plus ou moins grande qu'a subie l'élasticité des points de contact, et qu'elle sera d'autant plus grande que le choc aura été moins violent.

Enfin la durée totale de l'impression et de sa destruction plus ou moins complète étant évidemment plus courte que celle de la flexion générale, il s'ensuit que le boulet quitte la plaque avant qu'elle ait pu lui restituer la quantité de travail employé à la faire fléchir, et par conséquent qu'il y a perte d'une certaine quantité de travail ou de force vive pendant l'acte du choc : et comme les expériences prouvent que la vitesse restituée au boulet est presque nulle, on aura une limite supérieure de la perte de travail en prenant la force vive du boulet quand il a atteint la caisse, et en en retranchant celle communiquée à la caisse, ce qui donnera

$$\frac{p}{g}v^2 - \frac{P}{g}4u^2 = \frac{(P-p)^2 p}{(P+p)^2 g}v^2$$

Ce qui prouve que quand $P=p$, la perte de force vive est encore nulle, comme si les deux corps avaient agi à la manière des corps parfaitement élastiques : mais qu'elle est d'autant plus

grande que le poids du corps choqué surpasse plus celui du corps choquant.

Il résulte aussi de ce qui précède que si la pièce de fonte qui reçoit le choc était disposée de manière à ne pas pouvoir faire ressort, le choc n'aurait lieu qu'à la manière des corps mous. Il est donc probable que dans le cas où le corps choqué était formé de pièces de bois croisées, c'est cette disposition qui les a empêchées de fléchir et qui les a fait se comporter comme un corps mou.

§ II.

Expériences sur les lois de la résistance des milieux imparfaits a la pénétration des projectiles.

Les géomètres ont admis jusqu'ici que pendant la durée du choc, la résistance à la déformation ou à l'impression, reste constante et *proportionnelle* à l'amplitude de cette impression, c'est-à-dire à l'aire de la plus grande section qu'on peut y faire perpendiculairement à la direction du mouvement à l'instant que l'on considère. C'est en partant de cette hypothèse que l'on parvient à établir les lois si importantes du choc des corps; malheureusement l'expérience n'étant pas encore venue confirmer l'exactitude de cette hypothèse, les conséquences qu'on en a déduites n'ont pas acquis toute l'autorité qu'elle aurait pu leur donner, et il est resté sur les phénomènes du choc des corps une incertitude qu'il était important de faire disparaître. C'est à quoi M. Morin est parvenu par des recherches directes; toutefois diverses circonstances ont forcé de resserrer beaucoup les limites des expériences faites jusqu'à présent, et on ne

doit les considérer que comme une sorte d'introduction à celles qui seront entreprises prochainement sur une plus grande échelle par une commission d'officiers d'artillerie.

Pour pouvoir observer sur une certaine étendue la loi du mouvement de pénétration d'un projectile dans de la terre glaise, on s'est servi de terre de potier, délayée par une assez grande quantité d'eau pour la rendre assez molle. On a placé 60 kil. de cette terre dans une caisse, au-dessus de laquelle était suspendu le projectile à une hauteur déterminée.

Le projectile *b* (*fig.* 4) est muni d'une tige en fer rond *bc*, terminée par un anneau *c*, au moyen duquel on le suspend. Cette tige reçoit un curseur *d*, qu'on y fixe à l'aide d'une vis de pression selon la hauteur qu'on veut donner à la chute; à travers le curseur passe une vis *e*, à l'extrémité de laquelle est un pinceau chargé d'encre de Chine. Le curseur à la forme d'une petite traverse qui glisse dans deux coulisses verticales *mm*, *nn*, afin que le pinceau ne s'éloigne jamais du plateau qui doit recevoir sa trace. Ce plateau en cuivre *aa*, garni d'un volant à ailettes, reçoit le mouvement comme celui employé dans les expériences précédentes; sa vitesse uniforme est de un tour par 0'',8 ou 0'',9 selon les cas.

Quand on approche le style du plateau, il y décrit un cercle qu'on peut appeler cercle de départ; puis, en laissant tomber le projectile, le style décrit une courbe 5, 10, 15......150,...250 (*fig.* 5), qui, dans la première partie, correspond au mouvement uniformément accéléré du projectile dans l'air, et dans la seconde, qui se raccorde tangentiellement à la première, corres-

pond au mouvement de pénétration. Comme le style part du repos avec une vitesse nulle, la première portion de la courbe est à son origine tangente au cercle de départ. Lorsque le projectile a perdu toute la vitesse dont il était animé, le style revenu au repos trace sur le plateau un cercle d'arrivée; mais attendu que le ralentissement est graduel, la courbe de pénétration se raccorde tangentiellement avec ce cercle en un point qu'on ne peut déterminer que par le calcul, et après le relèvement total de l'expérience. On observera d'ailleurs que le projectile descendant verticalement, la ligne droite qu'il parcourt est nécessairement tangente au cercle décrit du centre du plateau, de manière à toucher la courbe du mouvement.

Le relèvement des courbes s'effectue de la manière suivante :

Si on suppose d'abord que l'origine O (*fig.* 5) soit connue, et si on mène la tangente OA *au cercle de* plus courte distance, cette droite sera la verticale suivant laquelle descend le projectile. Si alors on divise cette droite en parties égales de 5 millimètres en 5 millimètres pour les parties voisines de l'origine, et de centimètre en centimètre pour les autres portions à partir de $0^m,02$, et que du centre C du plateau on décrive des cercles passant par ces divers points, on aura différents arcs interceptés entre cette droite et la courbe, lesquels arcs donnent la mesure des temps employés par le projectile pour descendre jusqu'aux points correspondants de la verticale. On doit remarquer que l'on obtiendrait les mêmes cercles en prenant une droite quelconque tangente au cercle de plus courte de distance et en la divisant comme la précédente; or, si on remarque

que dans la première portion du mouvement, de o à 150, la courbe relevée est une parabole dont l'équation est $t^2 = \frac{2}{g} h = 0{,}501\ h$ on aura un moyen de calculer t pour une hauteur de chute quelconque comprise entre o et 150, et, par conséquent, on aura la longueur de l'arc compris entre la courbe et la verticale O A sur chaque cercle. On aura donc autant de points qu'on voudra de cette droite dont l'extrémité O donnera l'origine de la courbe. Une fois cette ligne déterminée, on mesurera les arcs 200, 200; 250, 250, etc., et on en conclura les temps relatifs aux espaces parcourus 200, 250, etc.

Pour comparer les résultats des expériences avec la théorie, M. Morin a employé diverses formules qu'il serait trop long de rapporter ici; nous nous bornerons donc à une simple indication de la manière dont il les a établies. Le moyen le plus simple de vérifier les lois généralement admises, était évidemment de les supposer exactes pour en comparer les conséquences avec les faits observés; M. Morin a donc admis que la résistance des corps mous à la pénétration d'un projectile était :

1° Indépendante de la vitesse du mouvement;

2° Proportionnelle à chaque instant à la surface du cercle de la sphère intercepté par la surface du corps choqué; de plus, comme il s'agit ici de projectiles de fonte pénétrant dans des corps mous, on a pu regarder les premiers comme incompressibles. Les expériences ont porté, dans certains cas, sur des corps mous dont la masse restait sensiblement immobile, et, dans d'autres, sur des corps auxquels l'acte du choc imprimait une certaine vitesse pendant que le projectile y pénétrait.

Les formules établies pour ces divers cas conduisent, pour les coordonnées des courbes du mouvement, à des valeurs qui sont presque identiques avec celles déduites des expériences. Ces formules conduisent aussi à une valeur constante pour le rapport de la résistance à la surface, c'est-à-dire pour la résistance par mètre quarré; toutefois, d'une expérience à l'autre, cette valeur varie d'une manière assez sensible; il y a lieu de croire que ces différences proviennent de l'état du corps choquant. En effet, la résistance à la pénétration se compose de deux genres de forces: les unes sont les forces de compression et de réaction développées par le choc normalement à la surface du projectile; les autres sont dues au frottement ou à l'adhérence du corps mou à cette surface et lui sont tangentes. En considérant chaque élément de la surface du corps comme soumis à ces deux genres de forces perpendiculaires entre elles, et en décomposant chacune d'elles en deux composantes verticales et horizontales, celles-ci se détruiront deux à deux, et il ne restera que les forces verticales dont la résultante sera évidemment proportionnelle à l'aire du grand cercle ou à l'amplitude. Si la surface du corps adhère plus ou moins à la substance du milieu d'une expérience à l'autre, la portion de la résultante qui en provient pourra être altérée. On conçoit d'ailleurs que cette influence de l'état de la surface du projectile ne doit être sensible que pour les petites pénétrations, parce que cet état change dès que le projectile a pénétré d'une certaine quantité et est dès lors en relation directe avec celui du milieu. Ce qui rend cette explication probable, c'est que quand on mouille les projectiles on trouve encore une valeur con-

stante pour la résistance par mètre quarré, mais elle est moindre que quand le corps est sec.

Au reste, les différences que nous venons de signaler sont assez peu considérables pour qu'on puisse les attribuer soit aux variations inévitables de la dureté du projectile, soit aux incertitudes mêmes du procédé.

Dans les expériences, le poids des projectiles a varié depuis 6$^{kil.}$ jusqu'à 50$^{kil.}$, c'est-à-dire de 1 à 8,3; les hauteurs de chute, de 0^{m},05 à 0^{m},65 ou de 1 à 13; la résistance des milieux de 1 à 17,5; et, dans ces limites étendues, les résultats s'accordent à prouver l'exactitude des lois dont on a admis l'existence.

Ces lois se trouvent donc démontrées pour les terres glaises et le sable qu'on a soumis à l'expérience, et il est à croire qu'elles le seront aussi pour d'autres milieux; c'est ce que montreront, d'ailleurs, les expériences qui doivent être entreprises par la commission d'officiers d'artillerie.

Lors de la pénétration d'un corps dur dans un corps mou, il se présente une circonstance assez remarquable, c'est que le niveau du milieu s'élève autour du projectile en affectant une forme courbe (*fig.* 7), lorsque le milieu est de la glaise; lorsque le choc a lieu sur du sable, il se produit un effet analogue, mais attendu le peu de cohésion des parties, la surface n'affecte pas une courbure aussi continue, et le bord de l'impression est à arête vive (*fig.* 8).

Le volume compris entre la nouvelle surface et l'ancien plan de niveau paraît être en rapport avec celui de l'impression; or, si ces volumes étaient égaux, il en résulterait que les corps mous qui ne sont pas contenus dans une enveloppe

inextensible, ou dont une des surfaces est libre, ne se compriment pas, qu'ils ne font que changer de forme, et que, quand ils sont renfermés dans un espace clos, ils doivent transmettre la pression en tous sens. Ce résultat serait d'accord, au reste, avec un grand nombre de faits observés; *ainsi*, en tirant des coups de fusil à balle dans une caisse en bois mince remplie de suif, on trouve que les parois sont brisées par la pression qui leur est transmise par le suif. Des expériences faites à Metz en 1834 ont montré que la pression développée par un boulet dans de la terre grasse à $0^m,50$ *ou* $0^m,60$ de son passage, était capable de briser des madriers en chêne de $0^m,05$ d'épaisseur sur $0^m,30$ de largeur et $3^m,00$ de portée.

§ III.

Expériences sur le frottement pendant le choc.

Des expériences indiquées précédemment, il résulte aussi que le choc a lieu dans un espace de temps qui, bien que très-court, a cependant une durée finie qu'on peut estimer approximativement; il suit de là que les forces de compression développées pendant l'acte du choc ne sont pas infinies, et qu'elles ont, au contraire, à chaque instant une valeur finie qu'on peut exprimer comme les pressions simples. On est conduit par là à conclure que le frottement qui résulte de ces forces de compression pendant l'acte du choc, quoique dû à des pressions qui varient à chaque instant, doit suivre les lois déduites des expériences faites précédemment. Pour vérifier directement par l'observation l'exactitude de cette conclusion, M. Morin a entrepris quelques expériences

qui ont principalement porté sur les cas où des bandes de fonte glissent sur des barres de même métal enduites de saindoux; parce que ce cas est un des plus fréquents dans la pratique.

L'appareil employé dans ces expériences ne diffère de celui employé jusqu'ici dans les recherches sur le frottement, qu'en ce qu'on adapte au traîneau deux traverses verticales, destinées à supporter un projectile (*fig.* 6), et disposées comme dans les expériences sur la transmission du mouvement. D'après cette disposition, la caisse et la bombe font d'abord corps avec le traîneau, puis, lorsque la bombe tombe sur le traîneau, elle y arrive avec une vitesse verticale due à la hauteur de la chute, et une vitesse horizontale qui est sensiblement la même que celle du traîneau. Pour faire tomber sans secousse le projectile, on met le feu à un brin d'étoupille qui relie les longues branches de la pièce qui retient ce projectile; en variant la longueur du brin libre, on peut retarder ou accélérer la combustion, mais il ne serait pas possible de faire tomber exactement la bombe à un instant donné, ce qui est, comme on le verra, inutile pour le but qu'on se propose.

Les expériences ont été faites en imprimant au traîneau, tantôt un mouvement uniforme, tantôt un mouvement accéléré.

Si on suppose que le mouvement soit uniforme; on voit que lorsque la bombe devient libre et tombe, le traîneau se trouve, pendant la chute, déchargé de son poids, il acquiert donc une quantité de mouvement précisément égale à celle que le frottement dû à ce poids aurait consommée. La vitesse horizontale du traîneau, à l'instant où le choc commence, est donc un peu

plus grande que celle de la bombe; passé cette époque, les forces de compression développées par le choc, produisent un frottement variable comme elles à chaque instant, et qui consomme une certaine quantité de mouvement, de sorte que le traîneau, dont le mouvement s'accélère pendant la chute de la bombe, est ensuite retardé pendant l'acte du choc.

Or, soient :

Q le poids du traîneau et de l'appareil de suspension ;
q le poids de la sphère qui produit le choc ;
f le rapport du frottement à la pression ;
h la hauteur de chute de la bombe ;
u la vitesse due à cette hauteur ;
t le temps de la chute ;
v la vitesse horizontale du traîneau et de la bombe à l'instant où celle-ci est lâchée par la tenaille ;
v' la vitesse de ces corps après le choc ;
$g = 9^{m},8088$.

Au moment où la bombe devient libre, la *quantité de mouvement* du système est $\frac{Q+q}{g}v$.

Le poids de la bombe, quand elle est liée au traîneau, produit un frottement fq qui, pendant la durée t de la chute, consommerait une quantité de travail fqt qui se trouve être aussi la quantité de mouvement gagnée par le traîneau pendant la chute : à l'instant où la bombe atteint le traîneau, la quantité de mouvement du système est donc :

$$\frac{Q+q}{g}v + fqt.$$

A partir de cet instant et pendant la durée du choc, la bombe perd dans chaque élément de temps une quantité de mouvement $\frac{q}{g}du$ d'où

résulte une force de compression $\frac{q}{g}\frac{du}{dt}$ produisant un frottement $\frac{fq}{g}\frac{du}{dt}$.

Ce frottement consomme dans l'élément du temps, une quantité de mouvement $\frac{fq}{g}du$;

Et quand tout mouvement rélatif dans le sens vertical est détruit, ce frottement, dû aux forces de compression, a finalement consommé une quantité de mouvement égale à $\frac{fqu}{g}$.

Par conséquent après le choc on doit avoir

$$\frac{Q+q}{g}v+fqt-\frac{fqu}{g}=\frac{Q+q}{g}v',$$

ou

$$fq(gt-u)=(Q+q)(v'-v).$$

Or, on a évidemment $u=gt$, d'où il résulte que $v=v'$.

C'est-à-dire que dans cet appareil la quantité de mouvement détruite par le frottement résultant des forces de compression, doit être précisément égale à celle qu'il gagne pendant la chute de la bombe : ces deux effets sont successifs, mais ils se passent dans un intervalle très-court, et ne peuvent occasionner dans la courbe du mouvement que des ondulations en sens contraire, qui n'altèrent pas la loi générale, et qui doivent être à peine sensibles sur les courbes.

Il est facile de s'assurer que l'accélération de vitesse du traîneau, pendant la chute de la bombe, est toujours très-faible.

Si on appelle v, la vitesse du traîneau, quand la bombe l'atteint, on doit avoir :

$$\frac{Q}{g}v + fqt = \frac{Q}{g}v_1,$$

d'où

$$v_1 - v = \frac{fqgt}{Q} = \frac{fqu}{Q}.$$

Or, si on prend q = 50 kilog.; h = 0^m,66; d'où u = 4^m,21; Q = 267^k,84, et f = 0,071;

Ce qui se rapporte à l'un des chocs les plus intenses, on trouve

$$v_1 - v = 0^m,000295.$$

On voit donc qu'on peut négliger l'influence du choc dans le sens horizontal.

Les raisonnements qui précèdent s'appliqueraient aussi au cas où le système serait animé d'une vitesse uniformément accélérée, et par conséquent il en résulte, que si le frottement, pendant le choc, reste proportionnel à la pression, la *loi générale* du mouvement, de l'appareil ne doit pas être changée; la seule perturbation qui pourra en résulter, sera manifestée par des ondulations qui, dans la plupart des cas, doivent être à peine sensibles.

Dans les expériences on a fait varier le poids des sphères de 11^k.99 à 50 kilog. ou de 1 à 4, le rapport du poids du corps choquant à celui du corps choqué de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{4}$, les hauteurs des chutes de 1 à 9. Les mouvements ont été ou uniformes, ou uniformément accélérés, et la résistance des corps a varié depuis k = 417 kil. relative à la terre glaise, valeur déduite des expériences faites ci-dessus sur les résistances, jusqu'à k = 5.000.000 kil. environ, correspondante aux bois durs (chêne, hêtre, etc.), c'est-à-dire que cette résistance a varié de 1 à 125.000. Si donc les lois admises jus-

qu'ici, sont vérifiées dans ces limites, on pourra en conclure qu'elles sont générales; or, c'est ce qui a lieu, comme on peut le voir par les résultats suivants.

Le calcul des expériences a été fait à l'aide des formules

$$F = 0,95\,P.$$

$$F = T - \frac{Q}{g}\,\frac{a}{2c}.$$

établies dans le premier mémoire et rapportées, Annales des mines, 3e série, tome IV, page 300.

---

1. *Expériences sur le frottement de la fonte en mouvement, sur la fonte avec enduit de saindoux, pendant le choc.*

Nota. Le choc est produit par la chute d'une sphère de fonte qui tombe sur les madriers de hêtre du traîneau pendant qu'il glisse d'un mouvement uniforme.

Numéros des expériences.	POIDS		Pression totale	Hauteur de chute de la sphère h.	Poids moteur pendant le mouvement unifor.	Frottement.	Rapport du frottement à la pression.	Vitesse du mouvement uniforme.
	du traineau Q.	de la sphère q.	Q+q.					
	kil.	kil.	kil.	m.	kil.	kil.		m.
1	223,23	11,99	235,22	0,10	18,733	17,796	0,075	0,842
2	id.	id.	id.	0,10	id.	id.	id.	0,800
(1) 3	id.	id.	id.	0,10	id.	id.	id.	0,828
4	id.	id.	id.	0,30	id.	id.	id.	0,806
5	id.	id.	id.	0,30	id.	id.	id.	0,818
6	216,86	id.	228,85	0,60	17,103	16,248	0,071	0,750
7	id.	id.	id.	0,60	id.	id.	id.	0,780
8	id.	25,00	241,86	0,30	18,54	17,613	0,072	0,773
9	id.	id.	id.	0,30	id.	id.	id.	0,817
10	id.	id.	id.	0,30	id.	id.	id.	0,840
11	id.	id.	id.	0,60	id.	id.	id.	0,853
12	id.	id.	id.	0,60	id.	id.	id.	0,811
(2) 13	id.	id.	id.	0,60	id.	id.	id.	0,830
(2) 14	id.	id.	id.	0,60	id.	id.	id.	0,810
15	id.	id.	id.	0,90	id.	id.	id.	0,815
(2) 16	id.	id.	id.	0,90	id.	id.	id.	0,858
17	id.	50,00	266,86	0,30	20,38	19,361	id.	0,925
18	id.	id.	id.	0,60	id.	id.	id.	0,903
19	id.	id.	id.	0,60	id.	id.	id.	0,918

(1) La bombe n'est pas tombée ; il n'y a pas eu de choc.
(2) Il n'y a pas eu de choc.

En comparant les résultats consignés dans ce tableau, on voit que dans les expériences où il n'y a pas eu de choc, et dans celles où le choc a eu lieu, la vitesse générale du mouvement uniforme est la même, quelle qu'ait été la hauteur de chute des bombes; cette vitesse ne dépend dans chaque cas que de la charge ou pression totale du poids moteur qui imprime le mouvement, et de l'état des surfaces.

2. *Expériences sur le frottement de la fonte en mouvement, sur la fonte, pendant le choc.*

Les surfaces sont rendues très-onctueuses avec du saindoux.

Nota. Le choc est produit par la chute d'une sphère en fonte qui tombe sur les madriers de hêtre du traîneau pendant qu'il glisse d'un mouvement uniformément accéléré.

Toutes les expériences, que nous nous dispenserons de rapporter, montrent que les chocs ne changent rien à la loi du mouvement, bien qu'ils aient eu lieu en divers points de la course, c'est-à-dire quand le traîneau était animé de vitesses très-différentes.

3 et 4. *Expériences sur le frottement de la fonte en mouvement, sur la fonte avec enduit de saindoux, pendant le choc.*

Nota. Le choc est produit par la chute d'une sphère en fonte qui tombe sur une masse de terre glaise pendant que cette masse et le traîneau se meuvent d'un mouvement uniforme commun ou d'un mouvement uniformément accéléré.

Dans ces dernières expériences, la présence du corps mou a rendu les vibrations du système extrêmement faibles, et il n'est plus possible de déterminer, même approximativement, à l'inspection des courbes, les points où le choc a eu lieu.

De l'ensemble de ces expériences on est donc autorisé à conclure, que pendant l'acte du choc, le frottement suit les mêmes lois que dans le cas des pressions ordinaires, et qu'il est encore proportionnel à la pression et indépendant de la vitesse du mouvement, ainsi que de l'étendue des surfaces en contact.

MÉMOIRE

Sur un moyen de faire du coke avec de la houille maigre.

Par M. NAILLY, ancien élève des écoles polytechnique et des mines, ex-directeur du Creusot.

La carbonisation de la houille maigre étant un problème dont la solution serait très-avantageuse aux usines métallurgiques qui ne possèdent point ou ne peuvent se procurer à un prix convenable des houilles grasses, je me suis décidé à publier les essais que j'ai récemment (en novembre et décembre 1835) tentés à ce sujet au Creusot quand j'étais directeur de cet établissement.

A mon arrivée au Creusot, en novembre 1831, je trouvai en usage trois méthodes différentes de fabriquer le coke. Ces méthodes avaient été soigneusement étudiées par M. Ferdinand Riant, alors directeur de l'usine, et qui dès cette époque, comme depuis, lui a rendu de si grands services.

M. Riant avait très-bien reconnu que les méthodes de carbonisation devaient varier avec la nature des charbons, et il s'était arrêté aux procédés suivants.

La méthode en four couvert s'appliquait aux charbons gras et collants; son rendement était de 125 à 130 hectolitres de coke pour 100 de houille, et de 40 à 42 $\frac{0}{0}$ en poids. L'hectolitre de houille pesait 75 kil.

La méthode connue sous le nom de méthode

de Rive-de-Gier, s'appliquait aux charbons moins collants et moins purs que les précédents; son rendement était moyennement de 85 à 90 hectolitres de coke pour 100 de charbon et de 33 à 36 °/o en poids.

Enfin la méthode *entre murs* s'appliquait aux charbons maigres, terreux, ainsi qu'à ceux qui s'étaient échauffés ou altérés par le contact souvent répété de l'air et de l'humidité. Son rendement variait entre 30 et 40 hectolitres de coke pour 100 de charbon, ou entre 12 et 16 °/o en poids, et souvent quand le charbon était trop mauvais, cette méthode ne rendait rien. Cependant la houille grasse, par suite du mauvais état où nous avions trouvé la mine, était tellement rare au Creusot, et les besoins étaient tellement pressants, qu'il n'était pas possible de renoncer à la carbonisation du charbon maigre, quelque coûteuse et peu productive qu'elle fût.

En vain M. Riant et moi nous avions séparément, et de concert, cherché les moyens de remédier à des inconvénients aussi graves, nos efforts étaient restés infructueux, au moins pour trouver un procédé applicable en grand. La carbonisation des charbons maigres se continuait donc forcément comme il a été dit ci-dessus, depuis quatre années, quand en novembre 1835 je trouvai le procédé que je vais décrire.

Description de l'appareil.

L'appareil n'est autre chose que celui des fours entre murs. Il se compose d'une plate-forme en brique *aa*, traversée par de petits canaux *b*, *b*, ouverts à leur partie supérieure dans toute la largeur intérieure du four, de deux murs *c*, *c*, droits ou inclinés, mais armés de pièces de bois *d*, *d*, reliées entre elles par des boulons *f*, *f*, et soutenues par des

potelets *g*, *g*. La figure 4, *Pl. I*, représente deux de ces appareils séparés par un mur commun MN.

A la sortie du puits, le charbon, ordinairement menu, était amené près des fours, dont les canaux *b*, *b* étaient garnis de fagotage ou copeaux, toujours abondants dans les grandes usines. Là ce charbon était mouillé de façon à ce qu'il pût s'agglomérer, puis jeté à la pelle dans toute la longueur du four, sur une hauteur de 0^{m},22 à 0^{m},27 Dans cet état on le tassait fortement à coups de battes, puis on stratifiait un nouveau lit que l'on tassait de même, et ainsi de suite jusqu'à 0^{m},08 au-dessous des murs *c*, *c*. Chargement de l'appareil.

Dans ce charbon ainsi comprimé on ouvrait verticalement, au moyen d'un pieu en bois taillé en cône et armé d'un sabot de fer, des cheminées o, o, *o*, correspondant aux canaux *b*, *b*, *b*, séparées les unes des autres par des intervalles de 0^{m},32 à 0^{m},38, et présentant des vides ayant 0^{m},11 à la partie inférieure, et 0^{m},19 à la partie supérieure.

Ces cheminées, comme les canaux, étaient destinées à entretenir le courant d'air nécessaire à la combustion, et sans lequel il n'y aurait pas eu de carbonisation.

Le fourneau ainsi chargé et percé, les cheminées *o*, *o*, *o* étaient elles-mêmes remplies de charbon gras et collant, menu, mouillé et bien tassé, puis on perçait ce remplissage de nouveau avec un pieu moins gros de moitié que le précédent. Cette opération terminée, on fermait le four au moyen d'un mur XX, formé d'un seul rang de briques sèches mises à plat.

Le double percement des cheminées, et leur

remplissage avec du charbons gras, fait tout le mérite du procédé; car de cette opération dépend le succès.

Avant cette disposition, il arrivait presque toujours qu'à la première impression du feu mis aux fagots renfermés dans les canaux *b*, *b*, les cheminées *o*,*o*,*o*, dont les parois étaient en charbon non collant, s'éboulaient, et entraînaient avec elles l'éboulement de toute la masse. Alors le four offrait un amas de charbon dans lequel ni la circulation de l'air, ni la carbonisation, ne pouvaient avoir lieu, et qui finissait par rendre un mélange inutile de charbon fritté, de cendre et de fraisil.

Depuis la nouvelle disposition, au contraire, les parois des cheminées étant en charbon gras et collant, elles se transforment immédiatement en coke solide, et, semblables à des colonnes creuses, elles retiennent toute la masse, entretiennent la circulation de l'air et de la flamme, et permettent à la carbonisation de s'achever complétement. Aussi pendant deux mois que durèrent mes expériences, le rendement fut moyennement de 95 hectolitres de coke pour 100 de houille, environ 38 $^{o}/_{o}$ en poids, au lieu de 12 à 16 $^{o}/_{o}$, rendement antérieur. La carbonisation marchait aussi un tiers plus vite que par le procédé non perfectionné.

Conduite du feu. Le travail est simple et facile, cependant il réclame quelques soins. Pendant tout le temps de la combustion, on doit tenir libre les cheminées *o*, *o*, *o* et les canaux *b*, *b*, *b*, qui peuvent s'engorger de suie ou de charbon; on y parvient aisément au moyen de curettes en fer. En ouvrant et fermant plus ou moins les canaux, on dirige l'air sur les endroits où la carbonisation

est moins active et l'on s'en rend parfaitement maître.

Pour défourner il suffit de démolir le mur XX, puis avec un râble, on retire le coke sur lequel on jette de l'eau pour l'éteindre. Défournement.

Le renfournement peut avoir lieu dès que le fourneau n'est plus assez chaud pour enflammer le charbon, que l'on ne pourrait alors tasser convenablement. Renfournement.

Il y a deux causes principales qui facilitent la carbonisation, la compression du charbon et la circulation de l'air, on doit donc chercher à favoriser l'*une* et l'autre autant que possible. Ainsi le charbon ne sera ni trop ni trop peu mouillé, et les canaux *b*, *b*, seront placés sur une légère élévation et dans la direction la plus ordinaire du vent; cette dernière cause a surtout une influence bien marquée. Causes de la carbonisation

Le charbon gras, qui remplit les cheminées, est d'environ le dixième de la masse. Cette quantité varie suivant la nature de la houille à carboniser. Au Creusot, où elle était maigre, on mettait de la houille grasse seulement dans les cheminées. Si elle eût été plus maigre, il serait devenu nécessaire de mélanger le charbon maigre avec un dixième de charbon gras, ce qui aurait porté la proportion de celui-ci à un cinquième; en général je me crois fondé à dire : Consommation de charbon gras.

Quel que soit le degré *dc maigreur* d'un charbon, il sera toujours possible de le transformer en coke par le procédé ci-dessus, et par une addition variable de charbon gras, préalablement mélangé dans la masse.

Ces limites varient, comme je l'ai déjà dit, avec la nature de la houille et en raison de sa *maigreur*; elles seront à déterminer pour chaque cas Limites dans l'addition du charbon gras.

particulier. Je crois pouvoir toutefois avancer qu'elles seront comprises entre un dixième et un tiers.

Carbonisation de l'anthracite.

Un mélange égal d'anthracite et de charbon gras, traité par ce procédé, m'a donné un coke assez mauvais, dans les fragments duquel on distinguait toutes les parcelles d'anthracite non carbonisées.

Un autre mélange d'un tiers d'anthracite, contre deux tiers de charbon gras, m'a donné un coke assez homogène, dans lequel l'anthracite paraissait s'être fondu.

Ces deux expériences, ayant été faites une seule fois, auraient besoin d'être répétées; je n'en ai point eu le temps, ayant cessé mes fonctions de directeur du Creusot le 1er janvier 1836.

Qualité du coke.

Le coke obtenu par mon procédé s'est toujours montré blanc, sonore, résistant, et l'hectolitre pesait 33 kil., tandis que le poids du coke fait en four couvert ne dépasse presque jamais 29 kil.

Résultat économique.

Au Creusot, la dépense moyenne de l'année 1834 a été pour le coke fabriqué en four couvert, avec de bon charbon gras, coûtant 0f,58 l'hectolitre :

Houille pour la fabrication du coke. .	0f,432
Pour main-d'œuvre.	0 ,062
Pour fournitures de magasin.	0 ,008
Pour transport.	0 ,028
D'où coût de l'hectolitre. .	0 ,530

Le coke fabriqué par le nouveau procédé aurait coûté :

Pour le charbon à 0f,58 l'hectolitre.	0f,61
Pour fournitures, transport et main-d'œuvre. . .	0 ,16
Coût de l'hectolitre.	0 ,77

Mais les usines qui exploitent seulement des charbons maigres, les obtiennent le plus ordinairement à 0f,30 l'hect. Supposons pour un moment qu'elles puissent se procurer du charbon gras menu à 1 fr., le revient du coke serait alors le suivant :

Pour 80 % de charbon maigre à 0f,30 l'hect. .	0f,24
Pour 20 % de charbon gras et menu à 1 fr. . .	0 ,20
Pour fournitures et autres frais..	0 ,16
Total. . . .	0 ,60

pour l'hectolitre pesant 33 kilogr. ; ce qui met le prix des 100 kil. à 1f,80.

L'impossibilité de pouvoir fabriquer, ou se procurer suffisamment de coke, ayant été, et étant encore aujourd'hui une des causes principales qui retardent ou entravent la fabrication du fer, j'ai cherché, en publiant ces essais, à fournir aux personnes qui s'adonnent à cette branche importante de la métallurgie, les moyens de produire la fonte, soit à meilleur marché, soit en plus grande abondance.

C'est aussi dans ce but que je me propose de faire connaître les divers modes que j'ai successivement employés pendant plus de quatre années que je suis resté au Creusot :

1° Pour faire baisser les divers prix de revient des fontes brutes de 110 fr. la tonne à 85 fr.

2° Pour réduire la consommation du coke brûlé dans les hauts-fourneaux, de 270 kil. à un mélange de 150 kil. de coke, avec 80 kil. de houille crue, et ce pour fondre 400 à 410 kil. de minerai non grillé, donnant 0,27 de fonte. Si

nous transformons tout ce combustible en coke, il résultera que, dans les hauts-fourneaux du Creusot marchant à l'air froid, j'ai, dans un roulement soutenu, fondu 400 kilog. de minerai, rendant 108 kil. de fonte, avec 184 kil. de coke, c'est-à-dire qu'une partie de coke fondait 2,17 de minerai.

Au lieu de 150 kilog. de coke et 80 kilog. de houille crue, j'ai souvent marché plusieurs mois de suite avec 120 kil. de coke et 120 kil. de houille crue; le rendement journalier comme le rendement par charge de minerai est resté le même.

Dans ce cas 170 kil. de coke fondaient 400 kil. de minerai, ou 1 de combustible en fondait 2,35. Si les minerais du Creusot eussent, comme il arrive dans certaines usines, contenu 45 $\frac{0}{0}$ de fonte, la consommation eût probablement été de 170 kil. de coke contre 180 kil. de fonte, ou 945 kil. de coke, pour 1000 kil. de fonte. Ce résultat, qui ne me paraît pas avoir encore été obtenu à l'air chaud, fait voir que l'on ne doit pas se hâter de juger la question agitée depuis quelque temps entre l'air froid et l'air chaud.

Je terminerai cette digression, peut-être un peu longue, en disant que les personnes qui font des essais sur le procédé à l'air chaud ou à l'air froid ne devraient peut-être pas comparer la quantité de combustible consommé, à la quantité de fonte obtenue, cette dernière variant avec la richesse du minerai, mais aux quantités de minerai fondu, ainsi qu'à la fusibilité. Si la question eût été examinée sous ce point de vue, elle serait peut-être plus avancée qu'elle ne l'est aujourd'hui.

3° Pour faire durer le même fondage quatre ans et demi et plus, tandis qu'avant moi il était à peine de deux années.

4° Pour ramener les déchets sur la fonte mazée de 0,23 à 0,14, sans rien ôter à la qualité.

5° Pour faire descendre le prix du fer de 310 fr. à 275 la tonne, malgré une élévation de 0,15 à 0,18 dans le coût de l'hectolitre de houille.

Ces prix du fer comprennent ceux de tous les échantillons comme celui de la tôle, dont la production était les quatorze centièmes de la masse et chargeait de 30 fr. environ le revenu général. Si nous retranchons ces 30 fr., il en résultera que le fer toute classe, feuillard compris, coûtait au Creusot 245 fr. la tonne; ce qui mettait la première classe à 230 fr. environ. La somme de 245 fr. comprend toutes les dépenses d'entretien, d'amélioration, les frais généraux d'administration, le fond de roulement, tout en un mot, moins l'intérêt du *capital affecté* à la valeur de l'usine qui vient d'être vendue en justice environ deux millions, et peut produire annuellement six mille tonnes. Je crois bon d'ajouter que l'introduction de la houille crue, en fragment de moyenne grosseur dans le haut-fourneau du Creusot, n'a généralement point retardé la descente des charges, ni par suite le rendement des fourneaux; il est vrai que l'on avait soin d'augmenter un peu le vent. La qualité de la fonte ou celle du fer n'a nullement souffert de ce roulement.

ESSAI PRATIQUE

Sur l'emploi de l'acier et la manière de le travailler;

Par H. DAMEMME, membre de plusieurs sociétés savantes (1).

Il est des ouvrages qui exigent dans leur auteur un ensemble de qualités, dont la réunion n'a été que trop rare jusqu'à présent, et qui ne peuvent être entrepris avec succès, que par un homme également versé dans les sciences physiques et chimiques, et dans les procédés des arts. Les savants, qui par la nature de leurs connaissances, et par la direction constante de leurs recherches, sont si éminemment propres à rattacher les effets à leurs causes, ont rarement l'occasion et encore moins la volonté d'étudier ces procédés dans leurs détails les plus minutieux, et de répéter eux-mêmes au milieu des ateliers, les expériences qui s'y font journellement. Leur éloignement de ces lieux d'observation, ne leur permet pas d'observer par eux-mêmes ces phénomènes anomaux en apparence, qui ne s'y reproduisent qu'accidentellement et de loin en loin, mais qui, suffisamment appréciés, peuvent renfermer le principe d'une

(1) 1 vol. in-8° de 28 feuilles avec 10 planches lithographiées. Paris, chez Carilian-Gœury, libraire, quai des Augustins, 41, et à Caen, chez l'auteur, rue Saint-Jean, 27.

branche nouvelle de connaissances. Rarement aussi les savants ont la patience de puiser dans cette masse immense d'observations pratiques, que possèdent les ouvriers, et de démêler, dans une foule d'assertions contraires en apparence aux lois fondamentales de la science, les faits exacts de ceux qui sont mal observés. C'est pourtant sur l'observation de pareils faits, que repose, en grande partie, le progrès de la science, impuissante aujourd'hui sous tant de rapports, parce qu'elle est incomplète.

Ces considérations sont particulièrement applicables aux arts qui ont pour objet, l'emploi et le travail de l'acier, car il n'est point de substance dont les propriétés chimiques et physiques offrent plus de singularités. Si la nature chimique de l'acier paraît depuis longtemps assez bien connue, si la découverte plus récente des lois de l'isomérisme commence à jeter une véritable lumière, sur les phénomènes caractéristiques de la trempe et du recuit, on doit avouer cependant que toutes les circonstances qui accompagnent ces derniers phénomènes, sont loin encore d'être convenablement appréciées.

Nous voyons par exemple, qu'il est impossible à la plupart des artistes, de reproduire certains résultats d'aciération et de trempe, obtenus journellement en quelques lieux privilégiés, dans des conditions en apparence identiques. C'est que cette identité n'est pas complète ; c'est qu'il existe, dans les manipulations qui donnent ces produits si estimés, des nuances absolument insensibles au point de vue scientifique actuel, mais qui sont parfaitement connues de certains fabricants, ou bien encore que les ouvriers reproduisent

constamment, dans les conditions où ils opèrent, par une sorte d'instinct et sans en avoir conscience. On peut donc affirmer que dans l'état actuel des choses, la pratique du travail de l'acier a de beaucoup devancé la théorie.

Sans doute, une de ces découvertes scientifiques qui signalent pour ainsi dire chaque jour de notre époque de progrès, peut venir tout-à-coup donner l'explication de tant de faits aujourd'hui si obscurs. Il est plus probable toutefois, que cette explication ne pourra résulter que de la discussion approfondie des faits eux-mêmes. En un mot, dans un sujet de recherches, qui repose sur l'appréciation de tant de nuances si délicates, le succès semble devoir être plutôt réservé aux praticien versé dans les résultats généraux des sciences, qu'au savant qui entreprendrait l'étude des faits.

La lecture de l'ouvrage de M. H. Damemme suggère naturellement les réflexions précédentes. En y rassemblant tous les faits constatés par la pratique des ateliers, et surtout en y consignant les résultats dus à sa longue expérience, l'auteur est entré dans la voie qui, dans l'état actuel des choses, pouvait contribuer le plus puissamment au progrès de la science et de l'art.

L'essai pratique sur l'emploi de l'acier, est un ouvrage complet sur la matière, puisqu'il traite successivement en 9 chapitres, de la préparation et de la nature des diverses qualités d'acier, du forgeage, du recuit après le forgeage, du récrouit, de la trempe, du recuit après la trempe, des épreuves de l'acier, de la trempe en paquet, et de la résistance de l'acier. Les deux circonstances principales du travail de l'acier, la trempe et le recuit après la trempe, ont été particulièrement l'objet

des recherches de l'auteur. Ces deux chapitres, composés de nombreuses expériences fruit des recherches de M. H. Damemme, se recommandent d'eux-mêmes à l'attention des savants, et sont tout-à-fait au-dessus du jugement qu'en pourrait porter un critique, qui ne connaît de la pratique, que les résultats les plus généraux. Si plusieurs conclusions auxquelles l'auteur est conduit, paraissent contraires à certains principes établis aujourd'hui, il faut se rappeler que ces principes ne peuvent avoir autorité exclusive, puisqu'ils sont insuffisants pour expliquer les phénomènes connus. D'ailleurs, dans une matière aussi délicate, on doit méditer avec attention les théories qui semblent incomplètes ou inexactes au premier aperçu, lorsqu'elles viennent d'un praticien qui n'y a été conduit qu'après une longue et minutieuse observation des faits. Cet examen attentif importe au progrès des sciences, d'abord, parce que l'erreur peut être du côté de l'opinion établie, et ensuite, parce que ces sortes d'erreurs, en les supposant réelles, renferment souvent de profondes leçons, et beaucoup plus d'avenir que nombre de vérités stériles.

L'extrait suivant de l'ouvrage de M. H. Damemme donnera une idée de l'utilité pratique qui y est constamment jointe à l'intérêt scientifique.

F. L.-P.

DE L'ÉPREUVE DE L'ACIER.

La connaissance des aciers exige de la pratique; l'ouvrier, jaloux de son art, ne peut trop s'y livrer. Il n'est que trop ordinaire de voir des ouvriers qui, ne connaissant pas plus l'acier qu'ils achètent que le marchand qui le leur vend, ne jugent de sa qualité que par le prix; aussi leur arrive-t-il souvent de prendre de l'acier médiocre pour un produit de bonne qualité : il leur importerait donc beaucoup d'avoir des principes certains pour l'essayer. Ce sont ces principes que nous allons tâcher de faire connaître.

Eprouver un acier, c'est vouloir connaître sa qualité comparativement à celle d'un autre. Pour apprécier cette différence, il faut le soumettre aux opérations manuelles qu'il peut subir, qui sont le forgeage, le récrouit, la trempe, le recuit après la trempe et le poli. A l'aide de ces opérations, on est à portée de juger, 1° si un acier se soude facilement; 2° s'il est aigre ou doux à chaud ou à froid; 3° s'il est susceptible de prendre une grande dureté par la trempe; 4° si cette dureté est égale; 5° si, dans sa cassure, il présente un grain régulier ou lamelleux; 6° si par le recuit après la trempe il acquiert de l'élasticité, du ressort, ce que l'on entend par *corps de l'acier*; 7° si, après avoir été poli, il présente des faces nettes, ombrées ou filandreuses. Telles sont les principales questions que l'on peut se faire sur ce point; essayons d'y répondre.

Première question : *Si l'acier se soude facilement.*

On juge de cette qualité de l'acier en mettant une barre d'acier au feu par un bout; on chauffe le métal jusqu'à ce qu'il puisse se souder; puis on le forge. Si, après avoir subi cette opération, il présente des faces nettes, sans gerçures ni crevasses, on est bien certain que cet acier se soude; on sait qu'il résiste à tel ou tel degré de feu.

L'acier fin, soumis à nu au milieu du feu, se brûle, lorsqu'on l'amène à une chaleur suffisante pour le souder; on dit alors *que cet acier est sec;* le feu le ronge à l'extérieur, le décompose, si l'on n'est bien attentif à ménager le degré de feu; des crasses s'y attachent, et souvent l'empêchent de se souder. Pour éviter ce défaut, on est dans l'usage de le saupoudrer de terre glaise écrasée, de sable fin ou de grès pilé, ce qui facilite l'opération. Si l'acier, après avoir subi une chaude suante, a été bien martelé, et qu'on trouve, après l'opération, sa surface pleine de gerçures, c'est que cet acier se forge difficilement, et qu'il exige moins de chaleur; si c'est un acier commun (acier naturel, acier de fonte, acier étoffé), il est trop aigre à chaud et doit être rejeté.

Après avoir enlevé à la lime les crevasses que cet acier présente, et l'avoir chauffé de nouveau, si on essaie de le ployer sur lui-même, et qu'il se déchire au coude extérieur, il ne vaut rien, il est trop aigre à chaud; le tranchant que l'on en fera n'aura pas d'ardeur pour la coupe : généralement les ouvriers disent qu'un tel acier n'a pas de corps.

Un acier facile à employer et de bonne qualité peut bien donner ces indices défavorables si on l'a trop chauffé. L'excès de chaleur est entièrement contraire à l'acier; il le dénature et le ramène à son premier état de fer.

Il ne faut pas, parce qu'un acier se brise tout à coup sous le marteau, porter un jugement défavorable sur son compte. Plus les aciers sont fins, moins ils sont susceptibles du récrouit, plus tôt ils se brisent à froid; leur tissu est plus fin; les parties ferreuses qui en font la base, étant divisées par la présence du fluide introduit, se touchent entre elles par moins de surfaces et sont moins adhérentes. Bien que généralement ces aciers résistent plus à l'effort (*V.* les tables sur la résistance des aciers), leurs molécules unies par un corps subtil et délié sont moins en état de résister à la compression, au choc du marteau. Il est cependant des aciers communs qui aussi se brisent facilement à froid; presque tous les aciers ordinaires qui sont cassants à chaud le sont aussi à froid; comme il en est aussi qui sont doux à chaud et qui sont très-cassants à froid.

Si un acier a été grillé à la forge, un bon forgeron lui rendra bien à peu près le grain qu'il aurait eu primitivement; mais cet acier aura-t-il la même qualité? Non, il ne faut pas s'y tromper, la finesse du grain de l'acier n'est pas toujours une preuve de sa qualité. Nous avons des aciers communs, qui, si on les travaille avec soin, présentent, souvent à s'y méprendre, un grain aussi fin que de bons aciers de cémentation, sans cependant en avoir la qualité. Nous avons encore l'acier *à la rose* et l'acier de Souppes, qui, quoique très-communs, étant trempés à propos, pré-

sentent aussi un grain très-fin. Il faut l'œil d'un artiste, consommé praticien, pour distinguer ces aciers par l'ordre du grain qu'ils offrent respectivement, lorsqu'ils ont été trempés à la couleur qui leur convient; souvent même s'y méprend-il.

Deuxième question : *Si l'acier est doux à chaud ou à froid.*

Lorsqu'on forge un acier qui a subi avantageusement une chaude suante, si on continue de le forger pour en former une bande plus ou moins large et sans le chauffer de nouveau, et qu'on l'éteigne sous le marteau sans qu'il crève à ses bords, c'est un acier doux. Si, après avoir ainsi forgé cet acier, on le fait rougir *rouge sombre*, *rouge brun*, et que, l'ayant plongé dans l'eau, on le ploie sur différents sens, ou qu'on le martelle à froid sans qu'il casse ou qu'il crève à ses bords, on jugera encore que cet acier est doux. Les aciers fins, les bons aciers forgés avec soin, ont tous cette propriété; enfin, les bons aciers travaillés par une main habile, sont d'autant plus doux qu'ils sont plus fins.

Il est des aciers qui, pendant qu'on les forge ou qu'on les chauffe pour les souder, donnent une preuve certaine de leur mauvaise qualité; ils se gonflent à la chaleur, ils bouillonnent; il s'en détache des étincelles qui s'élèvent en scintillant au milieu de la flamme, ce qui produit un bruit distinct et procure un coup d'œil agréable. L'acier qui bout de la sorte s'en va par éclats aux premiers coups de marteau; il doit être rejeté.

Ce genre d'essai, *la chaude suante*, ne convient pas à tous les aciers indistinctement; l'acier de cémentation peut à peine y résister; on le

soude très-difficilement à *chaude portée*. On parvient avec peine à le souder seul étant reployé sur lui-même, à moins qu'il ne soit bien terré. On soude même difficilement le bout d'une barre de cet acier qui serait pailleux. Les aciers fins de Styrie, ceux de Suède, les aciers anglais de cémentation, tels que l'acier poule et l'acier à l'éperon, les aciers français de cémentation sont généralement sensibles au feu.

L'acier fondu exige encore plus de ménagement; on ne peut lui faire subir le même degré de feu que supportent aisément les aciers précédents; il s'y brûle entièrement. Lorsqu'on le sort du feu, il se gerce de lui-même à la présence de l'air; si on l'a chauffé jusqu'à le faire suer comme l'acier commun, il tombe par grumeaux en sortant du feu, et se brise totalement sous les premiers coups de marteau. Si, au contraire, on a ménagé le degré de feu, et si l'acier a été chauffé au rouge clair seulement, on le forge avec facilité, on parvient même à l'éteindre presque entièrement sous le marteau, sans qu'il casse. Plus on continue de le forger, plus il faut diminuer la chaleur; alors cet acier est doux, souple et docile sous le marteau, et se prête, aussi bien que les autres aciers, à toutes les formes qu'on veut lui donner; il n'est rebelle qu'autant qu'il est trop chauffé.

Troisième question : *Si l'acier est susceptible d'une grande dureté par l'effet de la trempe.*

Quatrième : *Si cette dureté est uniforme.*

Pour juger de cette qualité, on forge une barre d'acier par un bout, et, l'ayant étirée de 5 à 6 pouces de long, on la coupe de six lignes en six

lignes, jusqu'au quart de son épaisseur; on marque chacun des morceaux, formés par les coupes qu'on y a pratiquées, avec un ciseau à froid ou avec un pointeau. On fait ainsi un nombre de points suffisants pour indiquer le rang des morceaux, puis on met l'acier au feu par ce même bout, en ayant soin de le chauffer sur une égale longueur, de façon à lui faire prendre par le bout la couleur safran, mais en modérant la chaleur vers le bout qui n'a pas été forgé. Si on le plonge dans l'eau en cet état, il prendra par gradation les différents degrés de dureté dont il est susceptible. On le sondera alors soit à la lime, soit avec un burin; on essaiera, si l'on veut, de le rayer avec une pierre à fusil. Ces moyens d'essai mettront à portée de juger si sa dureté est uniforme, s'il est ferreux ou sain, selon qu'on trouvera ou qu'on ne trouvera point de parties limables ou susceptibles d'être entamées par le burin.

Cinquième question : *Si les grains de l'acier semblent cristallisés ou lamelleux.*

Après avoir reconnu à quel point l'acier à essayer présente le plus de dureté, on le prendra dans un étau, de manière à ne laisser passer au-dessus des mors qu'un des morceaux formés par les coupes qu'on y a pratiquées; on cassera ce morceau d'un coup de marteau, ainsi que les autres; puis on les rangera debout devant soi et par ordre de numéro, le grain de l'acier en l'air; leurs cassures présenteront une suite de grains plus ou moins variés ; ces grains seront plus ou moins gros, selon le plus ou moins de chaleur que l'acier aura reçu et selon sa nature; ils seront

d'autant plus gros que l'acier aura été trempé plus chaud; comme aussi ils seront d'autant plus gros que l'acier sera plus fin, si la température de la trempe est celle qui convient à l'acier commun. Le grain de l'acier, au contraire, sera d'autant plus fin, que l'acier sera meilleur si le degré de chaleur a été moins élevé : car plus l'acier est fin, moins il exige de chaleur.

Le moyen que nous venons d'indiquer peut servir pour tous les aciers indistinctement; mais le suivant convient surtout aux aciers susceptibles de se laisser souder facilement : c'est à l'immortel Réaumur que nous en sommes redevables. Il consiste à souder le bout d'une barre d'acier sur une de fer de pareille largeur et moitié moins épaisse; ces deux barres étant soudées par le bout l'une sur l'autre, dans une longueur de 5 à 6 pouces, on fend le fer par le milieu de sa largeur, dans toute la longueur qui a été soudée, et dans toute son épaisseur jusqu'à l'acier; on chauffe ensuite cette nouvelle barre pour la tremper. Après l'avoir trempée, on la fait sécher sur le feu, on la pose ensuite sur l'enclume, un des côtés du fer appuyé sur un autre barreau de fer, pour qu'elle porte à faux, et on frappe dans le milieu de sa largeur pour rompre l'acier sur sa longueur; ou bien on engage la nouvelle barre dans les mors d'un étau, de façon que la coupe soit à fleur de l'étau : on frappe par côté la partie qui déborde l'étau, et on casse l'acier sur sa longueur; on voit alors d'un coup d'œil tous les ordres de grain que cet acier présente. On aura, par ce simple moyen, le triple avantage, 1° de reconnaître si cet acier se soude bien; 2° d'apprécier sa dureté; 3° de comparer facilement son

grain avec celui d'un autre acier. « Assez généralement l'ordre du grain fin dans les aciers » fins est double des autres ordres de grain du » même acier; il est, par conséquent, bien plus » étendu, plus long, que ne l'est ce même ordre » de grain dans les aciers communs. » (Réaumur, p. 270, 272.)

Voici un autre genre d'essai, qui met aussi l'ouvrier bien à portée de prononcer sur la nature de son acier. Après avoir soudé une barre d'acier par le bout, on l'étire dans une longueur de 5 à 6 pouces, sur une largeur de 8 à 10 lignes; on lui conserve plus d'épaisseur d'un côté que de l'autre, dans la forme d'une lame de couteau; après avoir trempé cette partie d'acier, on la casse par le côté le plus mince, en formant sur toute la longueur de la portion trempée des brèches, à coups de marteau sur les bords d'un étau entr'ouvert. On voit , par ce moyen, d'un coup d'œil tous les ordres de grains que l'acier peut prendre à la trempe , selon les divers degrés de chaleur qu'il reçoit; comme aussi on voit s'il se soude facilement et la dureté qu'il acquiert par la trempe. Bien que par la trempe dans ce genre d'essai les grains varient comme dans les deux cas ci-dessus à raison du degré de chaleur, ils ne sont pas aussi sensibles; l'acier étant plus mince, on les voit plus difficilement : l'autre genre d'essai est donc préférable.

Il est bien certain que l'acier prend une grainure différente à raison du plus ou moins fort degré de chaleur auquel on le soumet, et que le grain de l'acier dans une seule cassure est souvent un signe équivoque et trompeur : de bon acier peut donc être trouvé mauvais par celui qui n'a

point l'habitude de l'employer. Mais si l'on suit un des moyens d'essai que nous avons décrits ci-dessus, et qu'on donne à l'acier, dans le travail, un degré de feu propre à lui faire prendre l'ordre du grain fin, on parviendra toujours à rectifier l'erreur qu'on aurait pu commettre.

L'acier non trempé présente souvent dans sa cassure des fibres, des veines de fer, des lames longitudinales, des grains plus gros dans une partie de sa cassure que dans l'autre; ce signe indique un acier ferreux qui ne peut guère convenir aux tranchants. Ces lames, ces fibres, sont souvent plus apparentes dans l'acier non trempé que dans l'acier trempé; parce que, dans ce dernier, elles se mêlent avec le grain de l'acier. Etant elles-mêmes plus ou moins acier, elles prennent plus ou moins de grain, comme aussi elles prennent plus ou moins de dureté : alors l'ouvrier peut difficilement s'y reconnaître. Pour rendre ces lames plus apparentes dans l'acier non trempé, on donne un coup de tranche ou un coup de ciseau sur un des côtés du barreau; plaçant ensuite l'acier à faux sur l'enclume, on applique un fort coup de marteau sur le côté opposé à la coupe qu'on y a pratiquée, et l'on obtient tout le grain que cet acier peut présenter. Si, au contraire, on veut rompre le barreau d'acier sur le plat, il arrive souvent qu'il ploie, on le redresse, on le reploie en sens contraire, ce qui se répète souvent deux à trois fois; l'acier ne présente plus alors dans sa cassure qu'un tissu de lames, de fibres contiguës, qui mettent peu à portée de prononcer sur sa nature : ce qui n'arrive pas dans l'autre cas, lorsqu'on le casse sur champ ou sur le côté.

L'acier, qui a été cassé de cette manière, pré-

sente souvent dans sa cassure la forme d'un bec de flûte ou bien d'un pied de biche. Beaucoup d'ouvriers et les marchands mêmes ne manquent pas de faire valoir ce signe comme une preuve de la bonne qualité de l'acier. Il est vrai qu'un mauvais acier n'offrira pas ce caractère bien prononcé; mais ce serait cependant une erreur que de se fonder sur cette cassure, pour apprécier la qualité d'un acier. Nous avons des aciers très-communs, secs, très-ingrats dans l'emploi, qui offriront ce caractère très-prononcé; comme aussi il arrivera qu'un très-bon acier ne le présentera qu'imparfaitement. Ce genre de cassure dépend de la volonté de celui qui casse la barre d'acier, s'il sait ce qui la produit. Si, après avoir un peu entaillé un barreau d'acier, on le pose à faux sur une enclume, et que l'on frappe du côté opposé à l'entaille. La cassure décrira une courbe plus ou moins allongée, selon que le point frappé sera plus ou moins éloigné de l'entaille, et que le coup de marteau sera plus ou moins sec, appliqué plus ou moins brusquement.

C'est un mauvais usage que de tremper l'acier sans l'avoir forgé; les molécules de l'acier ne prennent pas le même arrangement que le marteau leur aurait fait prendre. Il en est de même si on fait trop chauffer l'acier, et qu'ensuite on le laisse refroidir ou revenir au degré de chaleur convenable pour le tremper : les parties de l'acier ne reprennent pas le même arrangement que le feu leur donne à ce degré de température. Il y a sans doute dans l'acier à ce degré de feu une concordance de parties, une certaine fusion de principes ou une pénétration intime de ses principes avec les parties ferreuses qui en font la base. Enfin, à ce degré

de chaleur, l'acier après la trempe offre un grain régulier, fin et constamment uniforme; tandis que si on l'a trop chauffé, bien qu'on l'ait laissé revenir à une température inférieure, ses pores ont été dilatés, ses principes se sont portés vers la surface, chacune de ses molécules en a été privée, et elles conservent la même forme après la trempe, quoique devenues moins chaudes lorsqu'elles ont été trempées. Après la trempe, elles forment de gros grumeaux épars et partagés, presque aussi apparents que si l'acier eût été trempé à la température à laquelle il avait été élevé. Sa dureté est toujours moindre que celle que prendrait le même acier, trempé à la température qui lui convient; comme aussi son tranchant n'est jamais si ardent; il s'ébrèche facilement au moindre effort qu'on lui fait éprouver.

Beaucoup d'ouvriers essaient encore leur acier par le moyen ci-après : ils lui donnent une chaude suante par le bout, l'étirent en pointe et le trempent; ils frappent un coup de marteau sur le bout de la barre qui n'a pas été trempé, et une partie de la portion trempée casse par la secousse qu'elle éprouve. Cette rupture n'a pas toujours lieu dans une petite barre d'acier : cet essai est donc sujet à erreur. Au lieu de rompre l'acier, comme nous venons de le dire, certains ouvriers le cassent par petits morceaux sur l'enclume, et frappent dessus comme pour les écraser; ils jugent de la dureté de l'acier d'après la manière dont les morceaux s'émoussent au choc ou à la compression. On sait à la vérité, par ce moyen, si l'acier résiste au feu; mais on voit difficilement sa grainure; on apprécie, on estime mal sa dureté, et on ne peut juger ni de sa ductilité ni de son corps.

Sixième question : *Si, par le recuit après la trempe, l'acier acquiert de l'élasticité, du ressort, ce que l'on entend par le corps de l'acier.*

Les mots *corps de l'acier ou nerf de l'acier*, en termes de forgerons, signifient souvent la même chose; mais ils expriment, selon eux, tantôt la malléabilité, tantôt la ductilité, la ténacité, la souplesse ou l'élasticité, le ressort, la force, etc.

Des ouvriers diront d'un acier qui se soude facilement, qui résiste au feu sans se gercer, qui est doux : *cet acier a du corps, cet acier a du nerf;* voilà bien ce que l'on entend par un acier ductile, un acier malléable. Dans le cas contraire, ils diront que cet acier est sec, qu'il n'a pas de corps; et souvent celui qui sera jugé avoir du corps à chaud, n'en aura pas, au contraire, si on le martelle trop à froid.

Si on bat cet acier à froid, qu'on le récrouisse sans qu'il se déchire trop à ses bords, on dira encore que cet acier a *du corps, du nerf.* C'est bien là de la ténacité.

Si on fait de deux ou plusieurs, aciers différents, des ciseaux à froid (ciseaux à couper le fer ou l'acier), on dira aussi de l'acier dont le ciseau aura le mieux résisté : *cet acier a du corps, du nerf.* Quelquefois on rencontre le même inconvénient que dans les cas précédents : tel acier qui aura été dit n'avoir ni corps ni nerf à chaud et à froid, en aura beaucoup une fois trempé, et réciproquement; cette qualité tient essentiellement à la manière dont l'acier a été traité au feu. Ici le corps de l'acier équivaut à la dureté.

On dit encore qu'un acier a *du corps, du nerf,*

lorsqu'après avoir été trempé et recuit, il résiste plus ou moins au choc, il est plus ou moins susceptible d'élasticité. C'est cette propriété qui a le plus fixé l'attention de quelques auteurs qui ont traité de l'acier. Réaumur a fait beaucoup d'essais qu'il a développés dans son mémoire sur l'acier; il a, par exemple, étiré de l'acier en fil; il a attaché l'une des extrémités à un plancher, et l'autre extrémité au milieu d'un levier, qui était fixé par un bout, et avait par l'autre un poids à supporter; ce qui tenait le fil d'acier tendu. Au moyen d'un petit plateau mobile en tôle, sur lequel il tenait des charbons allumés, et au travers duquel passait son fil d'acier, il chauffait une partie de ce fil; il baissait ensuite le plateau, jetait de l'eau sur son acier, et parvenait ainsi à le tremper; puis il chargeait l'extrémité de son levier d'un poids suffisant pour déterminer la rupture de son acier. Tel est le moyen qu'il employait pour apprécier sa résistance, sa ténacité, sa force. Ce moyen ne lui donnait que des résultats imparfaits; car l'acier, devenu chaud dans une partie de sa longueur, s'allongeait nécessairement par l'effet du poids qu'il supportait; il devait donc être plus faible dans cette partie que dans toute autre; la résistance qu'il lui offrait n'était donc pas celle que lui eût donnée ce même fil d'acier dans sa première dimension.

Septième question : *Si l'acier présente des faces nettes, ombrées ou filandreuses.*

Pour juger si un acier est propre sur toutes ses faces, s'il convient à toute espèce d'ouvrages plats et polis, on a recours au moyen suivant : on

chauffe un bout d'acier, et on le forge carré sur une longueur de 3 à 4 pouces seulement; on le trempe à un degré de chaleur moyen entre les couleurs *cerise* et *rose*; on le blanchit sur une de ses faces, puis on l'expose sur un feu doux pour lui faire prendre le *violet* ou le *gros bleu*; on le polit sur deux faces, largeur et épaisseur: sur sa largeur on voit les nuances, les ombres, les filandres que cet acier présente; sur son épaisseur on voit les couches dont il est composé. Pour qu'un acier convienne à toute espèce d'ouvrages, il ne doit pas présenter ou il doit présenter peu les nuances dont on vient de parler. Si on y en rencontre, ce sera presque toujours le résultat d'une portion de fer plus ou moins mélangée dans le corps de l'acier. On rendra ces nuances, ces filandres plus sensibles, en passant sur l'acier un peu d'acide nitrique affaibli; les parties d'acier, par l'action de l'acide, se charbonnent et forment un résidu noir, tandis que le fer n'offre qu'une teinte jaunâtre et qui résiste un peu plus à l'acide.

Les nuances, dont nous venons de parler, sont accidentelles, comme on vient de le remarquer, et varient selon la forme de l'objet et selon le degré de chaleur auquel l'acier a été élevé pour subir la trempe; il se fait donc dans le corps de l'acier un travail continuel pour l'arrangement de ses parties, ce qui donne naissance à ces nuances et produit cette variété dans les grains de l'acier par l'effet de la trempe. Un acier chauffé et trempé à une chaleur moindre qu'il ne lui convient, ne présente pas l'ordre du grain qu'il prend à une chaleur un peu plus élevée; les molécules n'ont pas été assez dilatées; elles n'ont pas été

abreuvées par le fluide qui nage autour de chacune d'elles dans le chauffage; il ne s'est pas fait cet arrangement de parties qui est la suite d'un feu doux et modéré; le grain est plus gros qu'avant la trempe. Trempé un peu plus chaud, l'acier présente des grains par traînées, et ne durcit pas.

Les principes et les faits exposés précédemment indiquent que la trempe, à côté de ses avantages, communique à l'acier divers défauts : tels sont la voilure, la courbure, la torsion, les cassures, suite inévitable du retrait qu'il éprouve. Si donc on le chauffe et si on le trempe plusieurs fois, il est probable, il est certain même que ces défauts se manifesteront plus ou moins à chaque trempe; mais chaque trempe subséquente détruira la qualité que l'acier avait acquise par celle qui l'avait précédée : les trempes répétées sont donc inutiles et même préjudiciables par les défauts qu'elles produisent successivement; l'éloge que l'on en fait est donc une erreur.

Ce n'est qu'après m'être bien pénétré, par le grand nombre d'essais que j'avais faits, de cette vérité, que l'acier s'altère par un trop haut degré de chaleur, que je tentai l'observation suivante :

Des lames de rasoirs de cinq pouces de long sur trois de tranchant, vues au microscope solaire, parurent de quinze pouces de long. Les inégalités formées sur le tranchant par les pores de l'acier étaient devenues beaucoup plus sensibles dans les rasoirs faits d'acier commun que dans ceux faits d'acier fin; chaque dent était elle-même dentelée, et ces dentelures semblaient être autant de crêtes de coq qui se touchaient. Le tranchant des rasoirs faits d'acier fin et bien en état de raser, sans aucunes dentelures sensibles à nos

organes, trempés au degré qui convient à l'acier fin, semblait être une scie fine et régulière; tandis que dans les rasoirs faits du même acier, mais qui avaient été trop chauffés pour subir la trempe, soit qu'ils eussent été trempés immédiatement après avoir été chauffés, soit qu'ils eussent été trempés après être revenus à l'air, à la couleur convenable, le tranchant présentait une dentelure baucoup plus grosse et mal terminée, quoiqu'ils eussent été affilés sur la même pierre que les premiers. Je les affilai tous de nouveau en me servant d'une autre pierre d'un grain plus gros; la dentelure formée sur chaque tranchant fut à la vérité bien plus apperente; mais le même ordre subsista dans les dimensions des dentelures. Le tranchant des rasoirs d'acier fin et bien trempés eut toujours l'avantage sur celui des autres rasoirs. La dentelure dépend, comme on le voit, et du grain de l'acier et de celui de la pierre, puisque le grain et la dentelure du tranchant varient en raison de l'excès de chaleur que l'acier a reçu. L'excès de chaleur pour la trempe de l'acier est donc un défaut, puisqu'il altère la qualité du métal.

NOTICE

Sur les mines d'or de Berezowka et de Miask;

Par M. BLUM.

GISEMENT DES FILONS AURIFÈRES DE BEREZOWKA.

Les mines aurifères de Berezowka sont situées à 15 verstes de la ville d'Ekatherinbourg, vers le nord-est, des deux côtés de la rivière de Berezowka qui se jette dans la rivière de Pychmu. Leur gisement se trouve dans un terrain élevé, appartenant à une branche septentrionale de la chaîne de l'Oural, et qui se compose dans ces environs de schiste talco-chloriteux passant quelquefois au schiste argileux et contenant des masses de serpentine et de grünstein.

Cette formation est traversée par une grande quantité de filons granitiques qui se dirigent ordinairement du nord au sud, quelquefois ils ont 5 verstes de longueur et 30 toises de largeur. Malgré leur parallélisme, ces filons se rencontrent souvent, quelquefois aussi ils se divisent en plusieurs branches; ils sont tous parfaitement verticaux ou inclinés fortement, tantôt à l'est, tantôt à l'ouest. Le granite qui remplit les fentes du schiste est à grains fins, et composé de feldspath d'une couleur claire, de quartz blanc et de mica qui est souvent remplacé par des grains de talc; alors la formation passe au protogine. La dureté du

granite dépend de la proportion des éléments qui le composent : si c'est le quartz qui y domine, alors il est si dur qu'on l'exploite à l'aide de la poudre ; si au contraire, c'est le feldspath qui domine, alors à cause de sa décomposition, le granite devient si tendre qu'on peut l'exploiter avec une pelle ordinaire. En général les filons granitiques qui se trouvent là, près de leur affleurement et à une profondeur peu considérable, sont si tendres, que leur masse ressemble à de l'argile; à mesure qu'ils s'enfoncent plus profondément, le granite se durcit et enfin prend l'aspect d'un véritable granite. Dans ce dernier cas le granite par sa couleur, sa dureté et par ses parties composantes, est parfaitement analogue à celui qui occupe les parties élevées situées aux environs des mines de Berezowka, et forme les montagnes isolées et pittoresques qui se rencontrent sur les bords du lac de Martache. M. de Humboldt suppose que les filons granitiques des mines de Berezowka sont des branches de la masse centrale de granite qui forme le terrain du lac de Martache et des marais adjacents. La vérité de cette supposition n'est prouvée ni par les exploitations de minerais, ni par les observations superficielles du terrain, recouvert dans ces endroits par des marais et par des alluvions épaisses qui le dérobent à l'étude du géologue. Cependant ces filons granitiques méritent une attention spéciale, parce qu'ils constituent la gangue des veines aurifères de Berezowka.

Les filons granitiques contiennent une autre espèce de filons d'une moindre étendue qui coupent les premiers à angle droit. Se dirigeant de l'est à l'ouest, ces seconds filons sont verticaux ou s'inclinent sous un angle de 45°, tantôt au sud,

tantôt au nord. Ils ne sortent pas ordinairement du granite et se terminent à ses deux limites; quelquefois cependant ils le traversent et se prolongent dans la formation schisteuse. La masse de ces seconds filons se compose de quartz, de pyrite sulfureuse et de minerai de fer brun; cette dernière substance se lie intimement par des passages insensibles avec la précédente. Le quartz est d'une couleur blanche, d'une structure cristalline ou compacte. Le minerai de fer brun, conservant la cristallisation de la pyrite sulfureuse, souvent se désaggrège et devient tendre et terreux. La pyrite sulfureuse se rencontre rarement cristallisée, la plupart du temps elle est en masse, et n'est pas disséminée dans toute la masse de quartz. Outre ces trois principaux éléments constituants, ces filons quartzeux qui traversent le granite, contiennent de l'or natif, du cuivre carbonaté vert et bleu; du plomb blanc (plomb carbonaté?), du plomb rouge (plomb chromaté?), du plomb brun et du plomb vert (plomb phosphaté?). En général l'épaisseur des filons aurifères ne dépasse pas 12 verchoks (1), ordinairement elle varie de $\frac{1}{2}$ à 3 verchoks, et leur épaisseur moyenne est de 1 $\frac{1}{2}$ verchoks. Les filons aurifères ne sont pas en contact immédiatement avec le granite qui les entoure, mais ils en sont séparés par des salbandes: le granite, dans le voisinage des filons, contient une grande quantité de minerai de fer brun qui donne

(1) Les mesures russes citées dans cette notice sont:

Pour les longueurs,	Pour les poids,
1 archine = $0^m,711187$.	1 pud. . = $16^k,372$.
1 verchok = $0^m,044449$.	1 livre.. = $\frac{1}{40}$ pud = $0^k,40930$.
	1 zolotnik = $\frac{1}{96}$ livre = $0^k,00426$.

de la consistance à sa masse tendre, et partagée très-régulièrement par des fentes qui se dirigent en trois sens, et divisent les salbandes en parallélipipèdes de différente grandeur. Les salbandes contiennent souvent de l'or, et elles sont alors exploitées avec le minerai. La plus grande partie des filons est bordée des deux côtés par des salbandes, quelques-uns n'en ont que d'un côté, et d'autres en sont privés tout à fait; on a remarqué que ces derniers filons sont plus riches que les autres. Les filons aurifères coupent la masse de granite; ou ils sont disposés par groupes séparés par des intervalles granitiques qui ont de $\frac{1}{4}$ à 1 archine d'épaisseur, ou ils se trouvent à une grande distance les uns des autres. Le mode de gisement des filons aurifères paraît indiquer lui-même la méthode d'exploitation suivie et la disposition des travaux.

GISEMENT ET LAVAGE DES SABLES AURIFÈRES DE MIASK.

Les sables aurifères des environs de Miask ont été découverts en 1823. Depuis ce temps on exploite chaque année de 50 à 55 puds d'or, et cette production si considérable s'augmente continuellement par les nouvelles découvertes qui, quoique ne pouvant être comparées avec les anciennes quant à leur richesse et à leur étendue, rachètent leur pauvreté par leur grand nombre. Dans ce moment on connaît 200 dépôts dont la richesse est telle qu'on peut y exploiter l'or avec avantage. Les sables aurifères s'étendent du sud-ouest au nord-est, sur une longueur de près de 50

verstes; ils reposent sur les terrains de grünstein et de schiste talqueux qui constituent les branches orientales de la chaîne de l'Oural. Cette étendue est limitée des deux côtés dans sa largeur par les rivières d'Altan et de Miask, et se prolonge sur la droite au delà de cette dernière rivière jusqu'à la rivière d'Uï. Mais la distribution de l'or dans cette étendue n'est pas uniforme; dans certains endroits on ne trouve que des traces de ce métal. On a remarqué qu'il devient plus abondant dans les points où les vallées sont plus resserrées par les montagnes. En général les sables les plus riches se trouvent dans les lits des rivières, des ruisseaux et des torrents qui se précipitent au printemps. C'est là que reposent les couches d'argile et de sable propres à être exploitées. Leur richesse est de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3, 5, jusqu'à 40 zolotniks pour 100 puds. Les sables plus pauvres ne peuvent être lavés avec avantage, au moins en grande quantité, dans les appareils qui sont maintenant construits. Mais dans les sables pauvres on trouve quelquefois de petits nids qui donnent de 1 à 2 livres d'or pour 100 puds. La quantité moyenne de l'or contenu dans les sables lavés pendant le cours de l'année est de 3 $\frac{23}{96}$ zolotniks, et elle n'a jamais été moindre que 1 $\frac{1}{2}$ zolotnik, excepté en 1823, époque à laquelle on a commencé l'exploitation.

Les couches de sables aurifères sont interrompues par les rochers, et n'ont pas de grandes étendues. Les lits des rivières de Taszkutarhan et de Miask contiennent des couches longues de quelques verstes, mais leur richesse n'est pas partout la même, et les parties propres à être exploitées constituent presque des couches particulières dont la longueur ne dépasse pas 300 à 400

toises. Les lits des torrents de printemps renferment des couches dont l'étendue, encore moins considérable, n'est que de 10, 20, 50 jusqu'à 100 toises. La largeur et l'épaisseur de ces couches varient aussi. Celles des rivières ont de 1 à 10 et très-rarement 20 ou 30 toises. Celles des torrents n'ont que de $\frac{1}{4}$ à 1 archine.

Les couches renfermant l'or sont recouvertes par la terre végétale, et quelquefois par de la tourbe et de l'argile stérile. La puissance de cette couche recouvrante est variable; souvent elle n'est que de 3 à 4 verchoks, dans d'autres endroits elle est de 1, 2, jusqu'à 5 et 6 archines. En général l'épaisseur de la couche stérile recouvrante est très-faible dans les parties élevées des dépôts aurifères, et très-considérable dans les parties basses.

Les sables aurifères reposent en général sur des roches de serpentine ou bien sur le schiste talqueux, le schiste argileux, le schiste quartzeux, le grünstein, le calcaire, quelquefois sur la syénite et plus rarement encore sur le granite. Des fragments de ces formations se trouvent ordinairement dans les sables, ou plutôt ce sont ces roches en morceaux ou réduites en parties fines de quartz ou de jaspe, de minerai de fer brun et de fer magnétique, avec de l'argile, qui constituent ces sables.

Dans certains endroits, les couches de sables aurifères sont composées d'argile ocreuse très-pure et de fragments de roches schisteuses et autres, dont la grosseur est souvent telle qu'ils pèsent plus d'un pud. Ces fragments sont souvent si abondants que l'argile paraît former de petites veines au milieu. On ne peut rien dire de positif sur la grosseur et la quantité des fragments de roches et des cailloux qui entrent dans la composition des

dépôts aurifères. Dans le procédé actuel, on sépare les gros fragments de roches et les cailloux, et on fait passer le sable à travers une grille en fonte dont les trous ont environ 1 pouce de diamètre.

L'or contenu dans les sables est tantôt en particules très-petites et à peine visibles, tantôt en morceaux pesant 1 zolotnik ; souvent on trouve de ces morceaux qui pèsent 10 zolotniks et même une livre. Le plus souvent l'or se trouve en grains arrondis, quelquefois en paillettes et en fils. Les gros morceaux ont la plupart l'aspect de cailloux roulés, avec des vides en dedans; quelquefois ils sont compactes.

Le lavage des sables aurifères dans les établissements de Miask se faisait autrefois sur des tables ordinaires. On a ensuite établi des tours analogues à ceux de Hongrie. Enfin de ces deux genres d'appareils on en a composé un troisième qui est usité dans tous les établissements de Miask.

TABLEAU

De la production des métaux précieux en Russie pour chacune des années comprises entre 1827 et 1834.

ANNÉES.	PLATINE.			OR.			ARGENT.		
	PROVENANT des mines de la couronne.	PROVENANT des mines particulières.	TOTAL.	PROVENANT des mines de la couronne.	PROVENANT des mines particulières.	TOTAL.	PROVENANT des mines de la couronne.	PROVENANT des mines particulières.	TOTAL.
1827	35,746	386,131	421,877	1772,956	2550,347	4323,303	18393,091	242,067	18635,158
1828	58,995	1498,777	1557,772	1715,864	3043,990	4759,854	18292,628	254,370	18546,998
1829	29,151	1259,235	1288,386	1942,704	1881,310	3824,014	18016,295	238,022	18254,317
1830	71,866	1669,065	1749,931	2642,122	3049,086	5691,208	18158,962	276,189	18435,151
1831	65,231	1753,826	1819,057	2713,888	3050,173	5764,061	19090,080	287,357	19377,437
1832	5,063	1907,023	1912,086	3023,390	3293,485	6316,875	18483,813	289,441	18773,254
1833	3,018	1951,320	1954,338	2615,172	3420,926	6036,098	19334,974	220,148	19555,121
1834	0,598	1695,654	1696,252	2635,959	3313,339	5949,298	18428,741	328,572	18757,314
Total.	269,668	12121,031	12390,699	19062,055	23602,656	42664,711	148198,584	2136,166	150334,750

— Voyez, pour l'origine de ces divers métaux, les détails consignés *Ann. des mines*, 3e série, tome VIII, p. 51.

— La conversion des documents originaux donnés en mesures russes, a été faite en admettant pour le pud un poids de 16k.,372.

MÉMOIRE

Sur le terrain jura-crétacé de la Franche-Comté (1);

Par M. E. THIRRIA, ingénieur des mines.

Le Jura, en France et en Suisse, est constitué par un ensemble de groupes de montagnes allongées qui se dirigent généralement du sud-ouest Généralités.

(1) M. le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, nous ayant confié la mission de visiter les mines de fer des départements du Doubs et du Jura qu'on supposait appartenir au terrain du grès vert, afin d'en observer la nature ainsi que la position géologique, et d'examiner si, d'après les circonstances de leur gisement et le mode d'exploitation suivi ou susceptible d'être adopté, ces mines ne seraient pas à classer dans la catégorie des mines concessibles aux termes de la loi du 21 avril 1810, nous avons étudié le terrain qui les renferme dans deux voyages que nous avons faits, l'un en 1833, dans le Jura français, et l'autre en 1834, dans le Jura neufchâtelois. Nous avons eu l'avantage de faire notre dernier voyage avec M. l'ingénieur en chef Voltz, qui a bien voulu nous aider dans la détermination des fossiles que nous indiquerons, détermination fort importante pour la fixation certaine de l'âge géognostique d'un terrain nouveau. Les belles collections et les renseignements de MM. de Montmollin et Coulon fils, de Neufchâtel, nous ont aussi été très-utiles. Enfin, nous devons de bonnes indications à M. Duhamel, ingénieur des mines à Chaumont, qui a reconnu ce terrain, lorsqu'il était chargé du service du département du Doubs, et à M. Parandier, ingénieur des ponts-et-chaussées à Besançon.

au nord-est, et dont les principales dépressions ont la même direction, de sorte que, vus dans leur ensemble, les monts Jura présentent des chaînes plus ou moins étendues, sensiblement parallèles entre elles, qui sont séparées par des vallées distribuées également suivant des lignes parallèles.

Considérées perpendiculairement à leur direction, les chaînes du Jura sont disposées comme des gradins, de plus en plus proéminents à mesure qu'on avance vers l'est, dont les plus élevés se trouvent sur une ligne à peu près droite allant de Bâle à Nantua, ligne où les sommités les plus hautes s'élèvent jusqu'à 1.700 mètres au-dessus du niveau de la mer, et dont les derniers, situés à peu de distance au delà de cette ligne, se terminent sur le territoire suisse par des escarpements abruptes. Suivies dans le sens de leur direction sur le territoire français, ou non loin de ses limites, ces montagnes prennent naissance au pied des Vosges, dans les environs de Bâle et de Belfort, et elles vont se perdre dans les montagnes du système des Alpes, vers Genève et Nantua, en diminuant progressivement d'élévation, à partir de leur partie centrale qui sépare la France de la Suisse, entre Pontarlier et Saint-Claude.

Le haut Jura français s'étend à partir de la Suisse, jusqu'à peu de distance à l'ouest d'une ligne presque droite passant par Saint-Hypolite, Pontarlier et Saint-Claude, espace dans lequel se trouve la haute vallée du Doubs, qui se dirige aussi du S.-O. au N.-E. Le Jura moyen, où les plus hautes sommités atteignent encore 875 mèt. au-dessus du niveau de la mer, règne jusque vers une ligne à peu près droite, qui passe par Belfort,

Besançon et Louhans, en comprenant la vallée basse du Doubs, exactement parallèle à la vallée haute, grandes vallées qui se réunissent par une vallée transversale formée, jusqu'à Saint-Hypolite, par la naissance ou le pied de plusieurs chaînons parallèles à la direction générale, et, à l'ouest de cette ville, par une grande fracture du terrain jurassique sensiblement perpendiculaire à cette direction. Enfin, la partie basse du Jura français s'étend à l'ouest de cette seconde ligne et comprend toute la partie occidentale de la Franche-Comté, où les plus hautes montagnes ne s'élèvent pas à plus de 600 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ces trois divisions sont bien distinctes sous le rapport de la végétation : en effet, la région orientale, désignée dans le pays sous le nom de *haute-montagne*, offre des cimes nues dont les flancs seuls sont couverts de pâturages ou garnis d'épaisses forêts de sapins, et des vallées où la neige presque continuelle ne permet de cultiver que des graines de printemps ; dans la région moyenne, appelée *moyenne-montagne*, il existe encore quelques forêts de sapins, mais on y voit un bien plus grand nombre de forêts de chênes et de hêtres ; ses vallées occidentales produisent du froment, et la vigne apparaît sur leurs flancs, partout où l'exposition est convenable ; enfin la région basse, nommée *la plaine*, est très-fertile, toutes les céréales y sont cultivées avec succès, et l'on y récolte d'excellents vins.

Ces différentes zones ont aussi des caractères géologiques qui leur sont propres : dans le haut Jura, on rencontre seulement le terrain jura-crétacé que nous allons décrire, et les deux étages supérieurs du terrain jurassique, qui s'y présentent

avec une puissance considérable, et qui ont cela de remarquable que les assises marneuses y sont généralement peu développées, tandis que les assises calcaires y sont au contraire très-puissantes. La zone moyenne offre un dépôt tertiaire d'eau douce fort circonscrit (à Charmont et Nommay, dans le département du Doubs); le terrain jura-crétacé en couches moins puissantes que dans le Haut-Jura; des dépôts peu étendus de minerai de fer pisiforme, dont quelques lambeaux commencent déjà à se montrer dans la partie occidentale du haut Jura, minerai de fer que nous considérons comme contemporain du terrain jura-crétacé; les trois étages du terrain jurassique moins puissants que dans le haut Jura, mais avec des assises marneuses plus développées; le terrain liassique, le terrain keupérien et le terrain du muschelkalk. Enfin la partie basse du Jura offre un dépôt tertiaire d'eau douce assez étendu (aux environs de la Charité, dans le département de la Haute-Saône); quelques lambeaux peu puissants et très-circonscrits de terrain jura-crétacé; de grands dépôts de minerai de fer pisiforme; les trois étages du terrain jurassique peu puissants, mais avec des assises marneuses très-développées; le terrain liassique; le terrain keupérien; le terrain du muschelkalk; le grès bigarré; le grès vosgien; le grès rouge, et même des roches d'épanchement plutonique (forêt de la Serre, dans le département du Jura). Ainsi, d'une part, le terrain jurassique se montre dans le Jura avec une puissance d'autant plus grande qu'on approche davantage de la partie centrale des monts Jura, et, d'autre part, les terrains antérieurs y sont d'autant plus nombreux qu'on s'éloigne davantage de cette par-

tie centrale en marchant vers l'ouest, ce qui paraît être une conséquence de l'action produite, par les soulèvements qui ont formé les monts Jura, sur des couches jurassiques de moins en moins puissantes, à mesure que leur distance à la partie centrale des chaînes augmentait.

Le bas Jura offre généralement une grande régularité dans la stratification des couches jurassiques, tandis que, dans le moyen Jura, et surtout dans le haut Jura, ces couches sont fréquemment contournées. Il faut en conclure que le soulèvement du système du Jura s'est fait avec d'autant plus de régularité, et sur des couches d'autant plus consistantes, qu'on s'éloigne davantage des chaînes centrales; ce qui s'explique en admettant que les monts Jura ont été élevés par des poussées successives, de plus en plus fréquentes et douées d'une intensité croissante, à partir de l'ouest en se rapprochant des Alpes, montagnes dont l'apparition, bien postérieure à celle des chaînes jurassiques, est cependant peut-être en connexion avec elles, en ce sens que la grande catastrophe à laquelle est dû leur soulèvement formerait le dernier terme d'une série de commotions plutoniques, dont le premier terme serait placé au commencement de la période jurassique.

Les accidents et dérangements dont est affecté le terrain jurassique consistent principalement :

1° En ploiements de couches, desquels sont résultés les voûtes et contournements, dont les axes sont généralement parallèles à la direction des chaînes, et qui ont eu lieu nécessairement avant l'entière consolidation des couches jurassiques ;

2° En ruptures de couches, contemporaines de leurs ploiements, et parallèles à leur direction,

qui ont produit les vallées longitudinales dites *combes*, et les cirques plus ou moins allongés dont les axes leur sont parallèles, deux sortes d'accidents formés par la fracture des couches jurassiques aux points où elles ont cessé de se prêter à l'extension que les soulèvements tendaient à leur imprimer;

3° En autres ruptures de couches, perpendiculaires à leur direction, qui ont eu lieu vraisemblablement pendant la période jurassique, après la consolidation plus ou moins complète des assises jurassiques, et qui ont produit les vallées transversales dites *cluses*, ou les vallons transversaux nommés *ruz*;

4° Enfin en glissements de portions de couches désunies, qui ont produit les *failles*, sorte d'accidents arrivés pendant et après la période jurassique.

Tous ces accidents sont fréquents et bien prononcés dans le haut Jura; mais les cirques y prédominent, par suite de la grande intensité des soulèvements, et de leur action nécessairement inégale sur des couches plus ou moins résistantes, et souvent ils présentent le terrain jurassique en escarpements tellement élevés que l'œil ne peut y suivre la stratification de ses assises. Dans le moyen Jura les accidents et dérangements sont moins nombreux que dans le haut Jura, par la raison que les soulèvements y ont agi plus régulièrement et avec moins d'intensité sur de grandes surfaces, et on y remarque principalement des combes provenant de ce que les assises marneuses qui, dans cette partie du Jura, divisent nettement le terrain jurassique, se sont prêtées à de grandes fractures longitudinales. Enfin le bas Jura offre

un petit nombre d'accidents, ce qui s'explique dans notre hypothèse que les soulèvements se sont succédé à de plus grands intervalles, ont eu moins d'intensité, et s'y sont étendus plus régulièrement sur de grandes surfaces que dans les deux autres parties du Jura : on conçoit d'ailleurs que les couches calcaires y étant peu puissantes relativement aux nombreuses assises marneuses, ont dû se disloquer facilement, sans pouvoir demeurer sur les parties soulevées ; et comme la plupart des couches formées avaient le temps de se consolider après chaque commotion, les failles y sont les accidents les plus nombreux, mais, par suite du peu d'intensité des soulèvements, leurs lèvres de rupture se présentent ordinairement à peu près au même niveau, tandis qu'elles se trouvent presque toujours à des hauteurs très-différentes dans le moyen et surtout dans le haut Jura.

Les couches jurassiques ne pouvaient être parfaitement consolidées, quand elles ont été soulevées ; elles devaient être assez consistantes pour ne pas se désunir, et cependant assez molles pour être flexibles ; autrement elles n'auraient pas été susceptibles de s'allonger et de glisser les unes sur les autres sans se rompre. Leurs contournements se montrant dans toute la série jurassique, et des couches arquées étant recouvertes de couches qui ne le sont pas, il résulte aussi de ce fait que le terrain jurassique a été soumis à des soulèvements successifs ; car les couches de l'étage inférieur devaient être consolidées depuis long-temps, quand celles de l'étage supérieur étaient de nature à se contourner. De plus, comme les contournements sont d'autant plus nombreux que les couches jurassiques sont moins anciennes, il faut en conclure,

comme nous l'avons dit ci-dessus, que les soulèvements étaient d'autant plus fréquents que la période jurassique approchait de sa fin. Cette loi s'étend aux terrains inférieurs qui participent aux soulèvements du terrain jurassique, puisque leur stratification n'est jamais contournée d'une manière sensible, et qu'ils se présentent comme des lambeaux portés par les soulèvements jurassiques dans les positions où nous les observons.

Il est vraisemblable, d'après la direction constante des chaînes jurassiques, que les agents plutoniques qui, par des poussées de bas en haut, ont produit le relief du Jura, en soulevant et fracturant le terrain jurassique déposé horizontalement ou à peu près, se dirigeaient eux-mêmes du S.-O. au N.-E.; mais ils ont dû exercer en même temps de fortes poussées latérales, probablement dans le sens de l'est à l'ouest, et de ces poussées latérales qui préludaient peut-être au soulèvement des Alpes, sont résultées les croupes jurassiques formées, sur chaque versant, de couches inversement inclinées, mode de formation dont on peut se faire une idée en assimilant les couches jurassiques à des pièces de toile ou de drap mouillées qui, pressées latéralement, se plisseraient longitudinalement en raison de l'intensité de la pression qu'elles éprouveraient. Cette hypothèse d'une direction constante dans l'action des agents plutoniques fait concevoir parfaitement la formation des accidents et dérangements du terrain jurassique (voûtes, cirques, combes, failles) situés dans cette direction; mais on ne se rend pas raison aussi bien de la formation des accidents moins nombreux (cluses et ruz) qui se présentent dans une direction perpendiculaire aux chaînes.

Toutefois il est probable qu'ils ont été produits, comme les autres, par les soulèvements des chaînes, et qu'ils ont eu lieu pendant la période jurassique : en effet, quand des couches horizontales, déjà consolidées en partie, étaient soumises à des poussées de bas en haut agissant suivant des lignes droites sensiblement parallèles, elles devaient nécessairement s'écarter pour pouvoir occuper un espace plus grand, et, leur écartement devant être symétrique par rapport à l'axe du soulèvement, il a dû en résulter des fractures perpendiculaires à la direction de la chaîne. Dans cette hypothèse, les failles seraient les seuls accidents du terrain jurassique qui auraient pu se produire encore après la période jurassique.

Le terrain auquel nous donnons, avec M. Voltz, le nom de *jura-crétacé* (1), parce qu'il se lie par ses caractères paléontologiques avec le terrain jurassique et le terrain crétacé, se présente, dans les vallées du Jura, adossé sur des calcaires appartenant au troisième étage du terrain jurassique, et quelquefois au deuxième étage de ce terrain, en stratification toujours discordante, mais peu différente de celle de ces calcaires. Il suit jusqu'à un certain niveau les mouvements des couches jurassiques sur lesquelles il repose, sans s'élever jamais, à beaucoup près, sur les sommités qu'elles constituent, de sorte que, dans une vallée jurassique formée de couches qui se relèvent en sens opposé, on voit également les strates du terrain jura-crétacé offrir deux inclinaisons opposées, et que,

(1) M. Thurmann a proposé de l'appeler *néocomien*, du nom de la ville de Neufchâtel, près de laquelle existe.

quand la vallée est large, il se présente horizontalement dans le fond, comme les assises jurassiques. On doit conclure de cette disposition que les couches jura-crétacées ont été redressées de la même manière que celles du terrain jurassique, et avant que les unes et les autres fussent parfaitement consolidées; car, l'inclinaison des couches du terrain jura-crétacé atteignant souvent 50°, on ne saurait admettre qu'elles se sont déposées dans une telle position. De plus, comme ce terrain ne se montre que dans le fond et sur les flancs des vallées jurassiques, il est évident que le terrain jurassique était en grande partie élevé hors du sein des eaux, quand le dépôt jura-crétacé a eu lieu. D'un autre côté, sa position tantôt sur le 3e étage, et tantôt sur le 2e étage jurassique, prouve qu'il constitue réellement un terrain distinct qui ne saurait être considéré comme faisant suite au terrain jurassique, et que sa stratification discordante n'est pas l'effet d'un glissement qu'auraient éprouvé, dans leur soulèvement, des couches solides reposant sur une assise marneuse. Il forme vraisemblablement l'étage inférieur du grand dépôt du grès-vert (*green-sand*), qui se montre bien développé vers les Alpes, et même au pied du versant oriental des monts Jura, à l'est de Neufchâtel, et à la perte du Rhône, près de Genève, ou peut-être constitue-t-il une formation distincte située entre le terrain jurassique et le grès-vert.

La puissance de tout dépôt dont la formation est due principalement à des sources d'eaux minérales sourdant dans un bassin, devant être sensiblement proportionnelle à la durée de son séjour dans les eaux de ce bassin, un fait géogénique des

plus remarquables nous semble résulter de ce que la puissance du terrain jurassique décroît à mesure qu'on avance vers le bas Jura, à savoir que le bas Jura a été élevé d'abord hors du sein des eaux, que le Jura moyen a été démergé ensuite, et que le haut Jura n'a entièrement dominé les eaux qu'en dernier lieu, qu'après la formation complète dans ses vallées du terrain jura-crétacé, qui s'était déposé en même temps, avec plus ou moins de développement, dans les vallées des deux autres parties du Jura qui communiquaient avec celles du haut Jura, et qu'occupaient encore les eaux. Dès que le haut Jura eut été porté vers le niveau qu'il occupe aujourd'hui, le bassin de la mer jura-crétacée ne s'étendit plus qu'à l'est des monts Jura, mais il était encore très-vaste, puisqu'il comprenait sans doute l'emplacement actuel des Alpes occidentales; et ce fut dans ce bassin, occupé ensuite par la mer crétacée, que se déposèrent d'abord les assises moyennes et supérieures du grès vert, puis le terrain crétacé des Alpes. Toutefois les eaux n'abandonnèrent pas entièrement le sol jurassique après le dépôt du terrain jura-crétacé; elles occupèrent encore quelques bassins plus ou moins étendus, où se formèrent, pendant la période tertiaire, la molasse suisse et les dépôts d'eau douce des départements de la Haute-Saône et du Doubs. Quant au terrain du minerai de fer pisiforme, les considérations que nous exposerons à la fin de ce mémoire nous font penser qu'il est contemporain du terrain jura-crétacé et synchronique de ses assises inférieures. En conséquence, son existence dans le bas Jura se concilie avec notre hypothèse sur les surgissements successifs des monts Jura; et on conçoit qu'il a pu

s'y former avec étendue sous l'influence de circonstances favorables, tandis que dans le haut Jura, des circonstances différentes, provenant peut-être d'une profondeur d'eau plus considérable dans les vallées jurassiques, de la nature particulière des matières sédimentaires qui y étaient transportées, et de la prédominance des sources minérales chargées de carbonate de chaux, se seront opposées à ce que le dépôt des sources minérales ferrugineuses y présentât les mêmes caractères.

Notre hypothèse sur le mode de surgissements successifs des monts Jura, en même temps qu'elle fait concevoir le décroissement vers l'ouest des assises jurassiques, ainsi que celui des couches du terrain jura-crétacé, explique très-bien le fait de la rareté des assises marneuses dans le haut Jura, et de leur fréquence dans le bas Jura : en effet, les dépôts marneux qui sont dus à des transports devaient se former principalement sur les rivages de la mer jurassique, occupés d'abord par le bas Jura actuel, tandis que les calcaires compactes et autres, produits par des sources minérales, ont dû dominer dans le haut Jura qui formait le centre du bassin jurassique où ne pouvaient parvenir que les matières terreuses les plus ténues. Elle donne aussi l'explication de l'abondance des débris organiques dans les couches jurassiques du bas Jura, de leur diminution progressive dans le moyen Jura, à mesure qu'on approche du haut Jura, et de leur rareté dans cette dernière partie des monts Jura ; car, les débris organiques du terrain jurassique provenant d'animaux marins littoraux et de quelques animaux toraux et pélagiques tout à la fois, tels que les

ammonites et les bélemnites, il est naturel de retrouver ces débris principalement dans le bas Jura qui formait les bords de la mer jurassique.

On doit admettre que le système du Jura est parvenu complétement à sa configuration actuelle, non-seulement après la formation du terrain jura-crétacé, mais encore vers la fin de la période tertiaire, après le dépôt de la molasse suisse, puisqu'elle se montre en plusieurs points (notamment dans la vallée de Delémont), adossée sur les calcaires jurassiques, avec une inclinaison trop grande pour qu'on la suppose déposée sur des plans aussi inclinés. Ainsi, c'est pendant la grande période comprise entre le commencement de l'époque jurassique et la fin de l'époque tertiaire, que les chaînes jurassiques se sont formées, et leur surgissement a eu lieu de proche en proche, de l'ouest vers l'est, à partir des limites du bas Jura jusqu'à la partie centrale du haut Jura, qui est parvenue la dernière à son niveau actuel.

D'après M. Élie de Beaumont (1), les chaînes du Jura ont pris leur relief principal avant le dépôt du grès-vert et de la craie, et les Alpes occidentales ont apparu après le dépôt des couches de l'étage tertiaire moyen ou de la molasse suisse; hypothèses avec lesquelles peuvent se concilier les considérations qui nous portent à penser que les monts Jura n'ont reçu leur relief actuel que vers la fin de l'époque tertiaire. En effet, il résulte de ce que nous avons dit, que les monts Jura ont pris les principaux traits de leur configu-

(1) Traduction du Manuel géologique de M. de la Bèche, par M. Brochant de Villiers, pages 637 et 647.

ration actuelle, immédiatement après le dépôt du terrain jura-crétacé, que nous considérons comme formant l'étage inférieur du terrain du grès-vert; mais, si l'on regardait, ainsi qu'on pourrait le faire, le terrain jura-crétacé comme une formation distincte comprise entre le terrain jurassique et le grès-vert, tel qu'on l'a décrit jusqu'à présent, nos considérations ne différeraient plus de celles admises par M. Élie de Beaumont : et, quant au dernier soulèvement des chaînes jurassiques que nous attribuons à l'apparition des Alpes occidentales, et qui a produit, selon nous, le redressement des couches de la molasse déposée dans quelques vallées, c'est un fait tout naturel qui découlait de la détermination de l'époque du surgissement des Alpes; car il était évident que la catastrophe qui avait fait apparaître des montagnes aussi étendues et aussi élevées, devait avoir produit des dislocations, non-seulement dans les monts Jura qui en sont si voisins, mais encore sur des points plus éloignés (1).

Etendue, puissance et nature du terrain jura-crétacé.

Nous avons observé le terrain jura-crétacé sur les territoires de cinquante-deux communes dans les départements du Doubs, du Jura et de la Haute-Saône, savoir :

Dans le département du Doubs, au Pissou, à

(1) M. Voltz a conclu de l'étude des affleurements successifs des terrains secondaires en Alsace, que la vallée du Rhin s'était ressentie aussi du soulèvement des Alpes, puisqu'avant le dépôt de la molasse qui s'y montre en plusieurs points, elle devait avoir son amont ou son origine du côté de Bingen, et son aval dans le pays de Porrentruy. M. Thurmann est arrivé à la même conclusion par l'examen des cailloux roulés de ce dernier pays.

la Grand-Combe-les-Russey, au Russey, au Narbier, au Bisot, à Noël-le-Corneux, au Bellieu, aux Suchaux, aux Gras, à Morteau, la Grand-Combe-les-Morteau, la Ville-de-Pont, la Maison-du-Bois, Arçon, Dammartin, Villefin, Doubs, Pontarlier, Bulle, Dompierre, Chaffois, Huttaud, Sainte-Colombe, la Rivière, la Verrière-les-Joux, Oie, Pallet, les Grangettes-Saint-Point, Malpas, Saint-Point, Mijoux, les Fourgs, Montperreux, les Hôpitaux, Métabief, les Longevilles, Labergement et Mouthe;

Dans le département du Jura, à Nozeroy, Boucherans, Censeau, Cuvier, au bief du Fourg, aux Grangettes-les-Fourgs, à Foncine-le-Bas, Septmoncel et Saint-Claude;

Dans le département de la Haute-Saône, à Voray, Venère, Bucey-les-Gy, Gy et Velloreille-les-Choye.

En outre nous l'avons étudié en Suisse, à la Chaudefond, Neufchâtel, Hauterive, Favarge, Roc, Travers, Couvet, Planemont, Saint-Sulpice et la Verrière-de-Suisse.

Le terrain jura-crétacé se compose de couches alternantes de marnes et de calcaires. Sa puissance va en augmentant de l'ouest vers l'est, comme nous l'avons déjà dit : ainsi, dans le département de la Haute-Saône, elle n'excède pas 12 mètres, tandis qu'elle atteint 50 à 55 mètres dans le haut Jura. Les marnes sont accompagnées de dépôts de gypse et de bancs subordonnés de sable; les calcaires renferment des minerais de fer.

Les marnes du terrain jura-crétacé sont schistoïdes, bleuâtres, grisâtres ou jaunâtres. Quand elles sont bleuâtres, ce qui est le cas le plus ordinaire, elles ressemblent beaucoup à l'*oxford-clay* Marnes.

du terrain jurassique. Soumises à l'action des acides, elles produisent toujours une vive effervescence. Elles alternent avec les calcaires que nous décrirons tout à l'heure, et dans ces alternances, leur puissance est généralement d'autant plus grande qu'elles occupent un niveau plus inférieur. L'ensemble de leurs couches, dans leur plus grand développement, est puissant de 25 m. au plus. Elles renferment un grand nombre de débris organiques, dont les uns sont jurassiques, les autres crétacés, quelques-uns jurassiques et crétacés tout à la fois, et un petit nombre seulement propres au terrain jura-crétacé. Nous présenterons à la fin de ce mémoire l'énumération de ces fossiles, en indiquant les localités où nous les avons recueillis (1).

Sable subordonné.

Les marnes offrent en quelques points, dans leur partie inférieure, un banc de sable quartzeux verdâtre, entremêlé de grains de quartz semblables à ceux qui accompagnent le minerai de fer pisiforme. Le sable doit sa couleur à de petites macules vertes semblables à celles de la craie chloritée, dont la composition, d'après M. Berthier, se rapporte à la formule $FS^3 + 5\,MS^3 +$

(1) Les nombreuses tourbières du haut Jura reposent sur des marnes appartenant au terrain jura-crétacé, ainsi que les dépôts de bois bitumineux du Narbief, de Morteau et de Noël-le-Cerneux, formés par des débris de bois de sapin et de hêtre ensevelis dans une marne diluvienne. Quant au dépôt de bois bitumineux de même nature du Grand-Denis, commune de Flanche-Bouche, dont l'exploitation a été importante pendant plusieurs années, il se trouve dans une grande dépression du calcaire corallien où la marne moderne se montre sur une épaisseur de 10 à 12 mètres, avec deux assises de bois bitumineux puissantes de 4 à 5 mètres.

+ 2 A S (1). Il est très-estimé pour le moulage de la fonte, et on l'exploite pour cet usage près de Voray, au pied de la côte de Châtillon. Sa puissance varie de 0m,50 à 2 mètres.

Les marnes renferment des dépôts de gypse qui sont exploités avec beaucoup d'avantage, à cause de la rareté de cette substance minérale dans le haut Jura. Ces dépôts se trouvent : 1° à la Ville-de-Pont, entre Morteau et Pontarlier ; 2° à la Rivière, village situé à 8 kilomètres au S.-O. de Pontarlier; 3° à Foncine-le-Bas, village qui se trouve à 12 kilomètres au sud de Nozeroy. Indépendamment de ces trois gîtes, il existe, dans plusieurs autres localités de leur voisinage, des indices de gypse qui ont fait l'objet de recherches infructueuses. Dépôts de gypse.

Ce gypse est saccharoïde, schistoïde, d'un blanc grisâtre ou rougeâtre, et souvent d'un blanc d'albâtre d'une grande netteté. Il constitue dans la marne des amas plus ou moins puissants, et qui en sont des accidents locaux, dus sans doute aux commotions plutoniques qui ont soulevé le système du Jura; car tous les dépôts gypseux se trouvent sur une même zone large de 4 à 5 kilomètres, qui se dirige du S.-O. au N.-E., parallèlement à la direction des chaînes jurassiques, et qui prolongée comprend d'une part le dépôt gypseux keupérien de Nans (Jura), dont nous aurons occasion de parler ci-après, et d'autre part le calcaire bitumineux du val de Travers qui appartient au terrain jura-crétacé, ainsi que le dépôt gypseux de Boudry près de Neufchâtel, situé dans la molasse. Il est vraisemblable que les dolomies

(1) *Annales des mines*, 1re série, tome XIII, pag. 213.

qu'on observe en différents points du terrain jurassique sont dues aux mêmes commotions plutoniques, et qu'elles se trouvent aussi sur des zones parallèles aux chaînes jurassiques.

1. Gypse de la Ville-de-Pont. Le gypse de la Ville-de-Pont (Doubs) constitue un seul amas sensiblement horizontal de 6 à 7 mètres de puissance, et d'une étendue inconnue, qu'on exploite au moyen d'un puits profond de 20 mètres, au bas duquel ont été pratiquées, dans la partie moyenne du dépôt gypseux qui est la plus pure, de grandes galeries horizontales de 6 mètres de largeur sur 4 mètres de hauteur. Cet amas de gypse situé dans le fond d'une vallée est recouvert par une assise marneuse grisâtre puissante de 14 mètres, que surmontent des couches alternantes de marne bleuâtre, grisâtre ou jaunâtre, mais non bigarrée, et de calcaires jaunâtres ou rougeâtres, le plus souvent en plaquettes, qui sont tantôt oolithiques, tantôt subcompactes, et parfois un peu sableux. On trouve un grand nombre de fossiles dans la marne supérieure au dépôt gypseux, notamment des *Serpula heliciformis* Gold., des *Exogyra aquila* Gold., des *Ostrea colubrina* Gold., et d'autres fossiles qu'on observe dans le terrain jura-crétacé. On ne peut pas voir près de la carrière le calcaire portlandien sur lequel repose le dépôt gypseux, mais on reconnaît très-bien ce calcaire avec quelques-uns des fossiles qu'il renferme ordinairement, en descendant à la carrière, près du hameau de Nogaraux, où il se présente stratifié presque verticalement.

2. Gypse de la Rivière. Le gypse de la Rivière (Doubs) se trouve en amas peu étendus, de 1 à 3 mètres de puissance, dans une marne bleuâtre, extrêmement riche en *Exogyra aquila* Gold. que l'on trouve surtout en

grand nombre dans les champs situés vers le village de Bulle, bâti dans la même dépression que la Rivière. Deux carrières à ciel ouvert sont en exploitation sur ce gypse qui est, en tous points, d'un très beau blanc d'albâtre. La marne n'est pas recouverte; seulement on observe çà et là, sur le territoire de la Rivière, en allant à Bulle, des rognons et plaquettes de calcaire jaunâtre parsemé de grains de minerai de fer provenant sans doute de lambeaux du calcaire ferrifère qui ailleurs est subordonné à la marne. Les amas de gypse, qui sont horizontaux, reposent sur des calcaires dolomiques qu'on voit très-distinctement près des carrières, dans un entonnoir profond de 6 à 7 mètres, où se perdent les eaux. Un calcaire bréchiforme se présente d'abord immédiatement au-dessous de la marne gypseuse; il est constitué par des fragments de dolomie marneuse réunis par un ciment de dolomie lamellaire parsemé de petits cristaux rhomboèdres de dolomie. On voit ensuite, au-dessous du calcaire bréchiforme, une dolomie compacte sublamellaire, et la partie inférieure de l'entonnoir offre une dolomie marneuse tout à fait semblable à certaines variétés de dolomie du terrain keupérien. Comme le calcaire corallien, très-bien caractérisé avec *Nerinea terebra* Zieten, se montre à peu de distance des carrières de gypse et au village même de la Rivière, il est probable que ces dolomies appartiennent au 2[e] étage jurassique, et que le dépôt gypseux de la Rivière repose sur cet étage.

Nous dirons, au sujet de ces dolomies, que nous avons observé, en plusieurs points du Jura, des dolomies marneuses subordonnées aux calcaires du 2[e] étage jurassique; et le 3[e] étage

nous en a aussi offert souvent dans les environs de Morteau, de Pontarlier et de Besançon, ainsi que dans le val de Travers; mais les dolomies du 3e étage jurassique sont presque toujours subsaccharoïdes. Leur présence en couches bien nettes au milieu des assises jurassiques pourrait faire penser que toutes les dolomies ne sont pas le résultat d'altérations de calcaires par des évaporations magnésiennes postérieures à leur dépôt, mais que plusieurs composés de cette nature sont dus à des dépôts aqueux de carbonate de chaux et de magnésie. On peut cependant la concevoir, en admettant que la dolomisation ne s'est opérée que sur des calcaires d'une nature particulière, de même que la formation du gypse a eu lieu par la sulfurisation de certaines variétés de calcaires marneux qui se prêtaient à cette transformation.

3. Gypse de Foncine-le-Bas.

Le dépôt gypseux de Foncine-le-Bas (Jura) consiste en un amas de gypse saccharoïde blanc, qui incline au S.-E. sous un angle de 12 à 15 degrés. Cet amas, dont la puissance est de 12 mètres, se trouve dans une marne bleuâtre, stratifiée dans le sens du pendage. On l'exploite dans une grande fosse profonde de 10 mètres, dont 7 mètres dans le gypse. Plusieurs sondages ont fait reconnaître que le dépôt gypseux s'étend à 5 mètres environ au-dessous du sol de cette fosse, et qu'il repose sur la même marne bleuâtre que celle qui le recouvre. Cette assise marneuse supérieure a 2 mètres au plus de puissance, et est recouverte par un calcaire compacte, de couleur grisâtre, qui se montre tant dans la partie supérieure de la fosse qu'à la surface du sol, sur une hauteur de 3 à 4 mètres. Au-dessus se présente un calcaire compacte sublamellaire qui incline aussi au sud-est,

sous un angle de 12 à 15 degrés, et en remontant le cours du ruisseau qui passe près de la carrière, on voit ce calcaire compacte recouvert par un calcaire marneux parsemé de points verdâtres, avec polypiers et fragments de coquilles, lequel se présente en plaquettes entremêlées de marne bleuâtre. On observe ensuite un calcaire grisâtre suboolithique, auquel succède une couche de marne bleuâtre, renfermant un assez grand nombre de fossiles, parmi lesquels on distingue des *Exogyra aquila* Gold. et des *Pteroceras oceani* Al. Br. Enfin la partie supérieure du terrain jura-crétacé est formée par deux assises calcaires constituées, l'une par un calcaire compacte, rougeâtre, qui se présente en masses un peu arrondies, et l'autre par un calcaire subcompacte, d'un gris foncé et à structure schisteuse. La puissance totale des différentes couches supérieures au dépôt gypseux est d'environ 12 mètres (1).

---

(1) Il existe à Nans (Jura), à peu de distance des limites du terrain *jura-crétacé* des environs de Noseroy, un dépôt de gypse qui se trouve dans le fond d'une vallée d'élévation étroite et profonde, offrant sur ses flancs le deuxième étage jurassique avec couches subordonnées d'oxford-clay, le premier étage jurassique et le terrain liassique jusqu'au calcaire à gryphites inclusivement. C'est au-dessous de ce dernier calcaire, qui incline au N.-O., sous un angle d'environ 36 degrés, que se trouve le dépôt gypseux constitué par un gypse grisâtre ou rougeâtre, tout à fait semblable au gypse du terrain keupérien. On l'exploite par fosses sur une hauteur de 15 à 16 mètres, sans qu'on soit parvenu à sa limite inférieure. Le gypse est séparé du calcaire à gryphites par une couche de marne noirâtre, puissante d'environ 2 mètres, dans laquelle existe une couche de houille de qualité médiocre, dont l'épaisseur n'excède pas 20 centimètres et qu'on a explorée

Calcaires. Les calcaires du terrain jura-crétacé alternent, comme nous l'avons dit ci-dessus, avec des assises marneuses dont la puissance est d'autant plus grande qu'elles sont placées plus inférieurement. Les couches calcaires au contraire sont d'autant plus puissantes qu'elles se trouvent à un niveau plus élevé, de sorte qu'elles ne sont accompagnées, dans les assises supérieures du terrain, que d'un petit nombre de bancs marneux, d'une faible puissance. Ces calcaires sont de différentes espèces, jaunâtres, grisâtres ou rougeâtres, marno-compactes ou subcompactes, lamellaires ou grenus, oolithiques ou suboolithiques. Le plus souvent ils sont suboolithiques, d'un tissu lâche, et parsemés de lamelles de crinoïdes. Leur couleur prédominante étant le jaune, on les désigne à Neufchâtel sous le nom de calcaires jaunes. Ils renferment assez souvent de petites mouches d'une matière verte, analogue à celle du sable subordonné aux marnes et aux grès verts de la craie chloritée, mouches qui se montrent déjà dans quelques calcaires portlandiens (Haute-Saône, Soleure). Leurs caractères minéralogiques les rapprochent beaucoup de certaines variétés de calcaires du terrain

---

dans l'espoir de la trouver exploitable. L'existence de ce banc de houille, immédiatement au-dessus du dépôt gypseux et au-dessous du calcaire à gryphites, prouve que la houille et le gypse appartiennent au terrain keupérien qui a sans doute été fortement écrasé; et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que le calcaire à gryphites, qui, par suite de cet écrasement, se trouve presque en contact avec le gypse, est transformé sur une hauteur de plusieurs mètres, en dolomie lamellaire. Ainsi à Nans, comme à la Rivière, dans des terrains bien différents, une liaison intime paraît exister entre les dolomies et les dépôts de gypse.

jurassique, et particulièrement de ceux du coral-rag, avec lesquels il est d'autant plus facile de les confondre qu'ils renferment souvent, comme ces derniers, des fragments de polypiers. Ils fournissent d'excellentes pierres de taille.

Les calcaires des assises inférieures empâtent ordinairement des grains plus ou moins nombreux de minerai de fer, de forme irrégulière, mais presque toujours aplatie, fort petits, à surface lisse et luisante, et qui ne présentent jamais nettement la structure à couches concentriques, comme le minerai de fer pisiforme, que nous rapportons à la même époque géognostique. On les exploite pour les hauts-fourneaux, quand les grains de minerai y sont abondants.

Les calcaires des assises supérieures renferment assez souvent des plaques et des rognons de silex grenu passant au silex compacte.

Les débris organiques sont nombreux dans les calcaires jura-crétacés, mais souvent d'une détermination difficile, parce qu'ils se présentent rarement entiers. On en trouvera l'indication dans la liste générale des fossiles que nous donnerons à la suite de la description du terrain.

On exploite dans le val de Travers, entre les villages de Travers et de Couvet, un banc de calcaire bitumineux puissant d'environ 3 mètres, qui paraît appartenir au terrain jura-crétacé; car il se présente adossé sur un calcaire portlandien, à la même hauteur que les calcaires des environs de Couvet qui appartiennent évidemment à ce terrain, et son inclinaison, qui est d'environ 15 degrés vers l'axe de la vallée, est la même que celle de ces calcaires. Il est vrai qu'on n'y trouve que des *Nerinea suprajurensis* Voltz et des *Pteroceras*

Oceani Al. Brong., qui semblent indiquer le 3e étage du terrain jurassique; mais nous avons aussi observé ces fossiles à Métabief, dans le dépôt du minerai de fer du terrain jura-crétacé, et à Planemont, dans des calcaires se rapportant évidemment à ce terrain.

Le calcaire bitumineux dont il s'agit est soumis à l'action du feu dans des vases en fonte de forme conique, qui ont 1 mètre de longueur, 0m,48 de diamètre à leur base, et 0m,40 de diamètre à leur autre extrémité terminée par une tubulure qui s'adapte dans une cornue en fer, également conique, de 1m,16 de longueur et de 0m,20 de diamètre à sa base. Chaque cornue en fer communique par son autre extrémité avec un vase de terre destiné à recevoir les produits de la distillation. Les vases en fonte, qui peuvent contenir 50 kilogrammes de pierre environ, sont disposés l'un à côté de l'autre et avec une légère inclinaison, au nombre de 8 ou 10, dans de petits fourneaux à l'extérieur desquels se trouvent les cornues en fer. Ces fourneaux sont chauffés avec de la tourbe à un degré de chaleur peu élevé. Il en résulte une sorte de liquation qui dure 12 heures environ, et produit de l'huile de pétrole, laquelle se rend par les cornues en fer dans les pots en terre placés à leurs extrémités. On estime qu'on retire du calcaire bitumineux 3 ½ p. % d'huile de pétrole; mais cette huile, avant d'être versée dans le commerce, subit un raffinage qui occasionne un déchet de 33 p. % environ. Cette seconde opération dure 48 heures, et se fait à une douce chaleur, dans des chaudières en fonte de la contenance d'environ 100 litres. Elle a pour but de séparer de l'huile l'eau qu'elle contient, et qui se dégage par une

ouverture ménagée à cet effet dans le dessus des chaudières. L'huile de pétrole ainsi obtenue est fort recherchée pour le graissage des voitures. On en vend beaucoup en Suisse, et on l'exporte même en France. Elle coûte sur l'établissement 1f,50 le litre.

Ce calcaire bitumineux doit probablement son bitume à la cause qui en a imprégné les marnes bleuâtres du terrain jura-crétacé; et cette cause est sans doute une calcination de matières végétales ou animales opérée par des actions plutoniques.

On exploite des minerais de fer appartenant au terrain jura-crétacé à Métabief, à Oie, aux Fourgs, aux Hôpitaux-Vieux et aux Longevilles, dans le département du Doubs, et à Boucherans, dans le département du Jura. Nous allons décrire ces différents gîtes, en indiquant ceux en exploitation et ceux qui ont seulement fait l'objet de travaux d'exploration. Minerais de fer subordonnés aux calcaires.

Le gîte de Métabief est constitué par une couche de calcaire marneux, chargé de petits grains de minerai de fer, d'un brun luisant, qui sont la plupart oblongs ou aplatis. Ce calcaire a généralement une couleur verte très-prononcée qui tire sur le vert de gris. Il se présente en plaquettes entremêlées de marne, lesquelles renferment un grand nombre de débris organiques, et dont la puissance est d'environ 3 mètres. Il incline au nord-est, sous un angle de 10 à 12 degrés. Une assise calcaire puissante de 4 mètres, constituée par un calcaire lamellaire rougeâtre, recouvre le gîte qui repose sur un banc de marne bleuâtre, d'une épaisseur inconnue. Des lambeaux assez puissants d'un cailloutage calcaire, appartenant à 1. Mine de fer de Métabief.

un terrain moderne, se montrent çà et là au-dessus du terrain jura-crétacé, qui s'adosse sur un calçaire portlandien inclinant vers le N.-E. sous un angle d'environ 20 degrés, dont est formé le pied d'une montagne fort élevée, appelée le Mont-d'Or.

Le gîte de Métabief est exploité par travaux souterrains réguliers, consistant en galeries de pendage et d'allongement séparées par des piliers de minerai de 4 à 5 mètres de longueur, sur une largeur égale. Les travaux s'étendent dans le sens du pendage sur une largeur d'environ 150 mètres, et suivant la direction, sur une longueur de 200 mètres environ. L'extraction au jour se fait par une grande galerie de pendage débouchant sur le flanc de la montagne, où le transport du minerai a lieu dans un tombereau que traîne un cheval.

Le calcaire marneux chargé de minerai est exposé, après l'extraction, à l'action des agents atmosphériques pendant une année au moins. Il fuse alors en grande partie, c'est-à-dire qu'il tombe en poussière. Tous les morceaux un peu gros sont séparés de la poussière au moyen d'une claie, et on la dépouille de ses parties terreuses en la lavant dans un lavoir à bras voisin de la mine. Les morceaux calcaires séparés par la claie sont triés à la main, et ceux qui sont les plus riches sont concassés et lavés au lavoir à bras. On retire ainsi par le triage et le lavage 20 p. % environ du minerai brut en minerai propre à la fusion; mais il nous semble qu'on pourrait obtenir davantage si on recueillait dans des canaux les matières enlevées par le lavage. En effet, celles de ces matières qui se déposeraient dans la partie supérieure des canaux contiendraient beaucoup de grains de

minerai, les eaux boueuses devant en entraîner un grand nombre à cause de leur petitesse et de leur faible pesanteur spécifique.

On extrait annuellement à Métabief, pour les besoins du haut-fourneau de Pontarlier, 5 à 600 muids, de 24 doubles décalitres l'un, ou 3.000 à 3.600 quintaux métriques de minerai propre à la fusion. Le muid se vend sur la mine 3f,50, prix qui correspond à 0f,58 par quintal métrique.

L'exploitation a lieu au compte d'un entrepreneur qui occupe 8 ou 10 ouvriers en hiver, et 4 ou 5 en été.

La mine de Métabief est évidemment concessible, puisqu'elle est exploitée par travaux souterrains, permanents et réguliers.

Nous avons analysé le minerai de Métabief que nous avons trouvé composé comme il suit :

Carbonate de chaux et de magnésie.	29,40
Argile et alumine combinée.	7,80
Silice combinée.	3,00
Protoxyde de fer.	0,88
Peroxyde de fer.	48,00
Eau..	9,80
Perte.	1,12
	100,00

Le protoxyde de fer se trouve combiné avec de la silice, de l'alumine et de l'eau.

D'après les compositions du peroxyde et du protoxyde de fer, ce minerai contient 33,93 de fer métallique.

Essayé par la voie sèche, le minerai de Métabief a bien fondu avec 20 p. $\frac{0}{0}$ de quartz, et a donné un culot de fonte pesant 33,50 p. $\frac{0}{0}$.

La mine d'Oie est ouverte sur un banc de cal- 2. Mine d'Oie.

caire marneux d'un gris-verdâtre, puissant de 1^m,65, dans lequel sont disséminés des grains de minerai de fer d'un brun luisant, et qui se présente en plaquettes entremêlées de marne jaunâtre. Le toit du gîte est formé par un calcaire jaune, un peu sableux et à texture lâche, qui empâte quelques grains de minerai et que recouvre un autre calcaire compacte, sublamellaire et rougeâtre. Ces deux assises calcaires ont ensemble une puissance de 10 mètres environ. Le mur du gîte est formé par des calcaires qui alternent avec des bancs de marne, mais dont on ne peut reconnaître la nature ni la puissance, à cause de la terre végétale qui les recouvre. L'ensemble des assises du terrain jura-crétacé incline vers le nord-nord-ouest, sous un angle d'environ 15 degrés, et s'adosse sur un calcaire dolomique du troisième étage jurassique qui a à peu près la même inclinaison. Le gîte est exploité par des galeries d'allongement et de pendage, qui s'étendent dans le sens de la direction, sur une longueur de 120 mètres environ, et dans le sens du pendage sur une largeur de 30 à 40 mètres seulement. Ces travaux sont contigus à d'anciens travaux fort étendus, situés vers l'ouest, où le gîte est entièrement exploité, à l'exception des piliers laissés pour le soutènement des excavations; ils sont desservis par un puits profond de 10 mètres, au bas duquel se trouve une galerie horizontale, à travers bancs, longue de 24 mètres, qui coupe le gîte, après avoir traversé une partie du mur.

On n'extrait de la mine que les plaquettes calcaires qui sont les plus chargées de minerai, et qui forment environ la moitié de l'épaisseur du gîte. On les laisse exposées à l'air pendant une année au

moins pour qu'elles se désaggrégent, et on concasse avec une masse les parties qui résistent à la décomposition atmosphérique. La pierraille en provenant est passée à la claie pour séparer de la poussière les morceaux calcaires qui contiennent ordinairement peu de minerai, et qu'en conséquence on met au rebut. On lave ensuite la poussière dans un lavoir à bras qui se trouve près de la mine. Comme ce lavage donne, en minerai propre à la fusion, les $\frac{3}{4}$ environ du volume de la poussière, et que le rebut obtenu par le passage à *la* claie s'élève à la moitié en volume du minerai brut, il s'ensuit qu'on ne retire en minerai propre à la fusion que les $\frac{3}{8}$ du minerai brut, et, d'après le triage qui se fait dans l'intérieur de la mine, que les $\frac{3}{16}$ du volume total du gîte. Le lavage, tel qu'il s'effectue, fait perdre une quantité notable de minerai, perte qu'on éviterait en établissant à *la suite* du lavoir, ainsi que nous l'avons dit pour la mine de Métabief, de longs canaux où se déposerait le minerai entraîné par les eaux boueuses.

On extrait annuellement, pour le fourneau de Pontarlier, 600 à 700 muids de 25 doubles décalitres, ou 3.600 à 4.200 quintaux métriques de minerai propre à la fusion. Le muid se vend sur la mine 4f,75, ce qui correspond à 0f,78 par quintal métrique de minerai.

Cette exploitation, qui se fait par entreprise, occupe 10 ou 12 ouvriers en hiver et 5 ou 6 en été.

L'allure régulière du gîte d'Oie et la régularité des travaux d'exploitation souterrains qu'il comporte le rendent évidemment concessible.

Le gîte des Fourgs est constitué par une couche de calcaire marneux, chargé de petits grains de minerai de fer d'un brun luisant, d'une forme 3. Mine des Fourgs.

irrégulière, mais généralement aplatie, dont la puissance est de 1m,90. Cette couche, composée de plaquettes calcaires entremêlées de marne, repose sur un calcaire compacte lamellaire, rougeâtre, empâtant quelques grains de minerai, qui a été reconnu dans les puisards de plusieurs puits, sur une hauteur de 2 à 3 mètres; et elle est recouverte par un banc de marne jaune, puissant d'environ 0m,30, que surmonte un autre banc de marne bleuâtre dont l'épaisseur est de 0m,65. Au-dessus des deux bancs de marne, il existe une couche de calcaire jaunâtre suboolithique, dont la puissance est de 3 mètres. L'ensemble du gîte, reconnu sur une épaisseur de 12 mètres environ, incline d'abord au sud sous un angle de 12 à 15 degrés, puis se relève vers le nord pour se montrer sur le versant d'une montagne portlandienne, au pied de laquelle il se trouve; mais il devient stérile à peu de distance de ce contournement, en s'approchant du terrain jurassique.

Deux puits profonds de 10 et 12 mètres, au bas desquels se trouvent des galeries d'allongement recoupées par des galeries de pendage, servent à l'exploitation du gîte, et les travaux qu'ils desservent occupent une zone longue de 225 mètres, et large de 50 mètres environ, bornée d'un côté par la partie stérile du gîte, et de l'autre par une bande de vieux travaux qui court du nord-est au sud-ouest.

Comme sur les autres mines, on laisse exposé à l'air, pendant un an ou deux, le calcaire marneux chargé de minerai, pour qu'il se délite, en ayant soin de concasser les morceaux qui résistent aux agents atmosphériques. On le passe ensuite à la claie pour isoler la poussière qu'on soumet au

lavage dans un lavoir à bras voisin de la mine. Le triage au moyen de la claie donnant un déchet de moitié en morceaux calcaires qui ne sont pas assez riches pour qu'on en tire parti, et le déchet au lavage étant de 33 p. %, il s'ensuit qu'on ne tire du minerai brut que ⅓ de minerai propre à la fusion; et en comparant ce produit au volume du gîte, on voit qu'il n'en est que le douzième, attendu que le triage qui se fait d'abord dans la mine donne un déchet d'un quart. On augmenterait sensiblement le produit en faisant le lavage avec les dispositions dont nous avons parlé ci-dessus.

La mine des Fourgs occupe 6 ouvriers qui sont au compte d'un entrepreneur, et fournit annuellement 400 muids du poids de 600 kilogrammes ou 2.400 quintaux métriques de minerai propre à la fusion, que consomme le fourneau de Pontarlier. Le prix de vente sur la mine est de 5 fr. par muid, ou de 0f,83 par quintal métrique de minerai.

Le gîte des Fourgs doit être rangé dans la catégorie des mines concessibles, puisqu'il est constitué par une couche bien réglée de minerai, qui peut être exploitée par travaux souterrains, permanents et réguliers.

Nous avons analysé le minerai des Fourgs qui a la composition suivante :

Carbonate de chaux et de magnésie.	30,40
Argile, sable et alumine combinée. .	8,20
Silice combinée.	2,80
Protoxyde de fer.	0,60
Peroxyde de fer.	44,60
Eau	11,80
Perte	1,60
	100,00

Le protoxyde de fer se trouve aussi combiné avec de la silice, de l'alumine et de l'eau.

D'après la composition des deux oxydes de fer, ce minerai contient 31,36 de fer métallique.

Essayé par la voie sèche, le minerai des Fourgs a bien fondu avec 20 p. $\frac{\cdot}{\circ}$ de quartz, et a donné un culot de fonte pesant 31 p. $\frac{\cdot}{\circ}$.

4. Mine des Hôpitaux-Vieux.

La mine des Hôpitaux-Vieux se trouve au lieu dit le Miroir, à un kilomètre au sud-sud-ouest du village des Hôpitaux-Vieux. Le gîte sur lequel elle est ouverte est de même nature que celui de Métabief dont il est le prolongement, les deux mines n'étant éloignées que de 3 kilomètres. Sa puissance est de $1^{m},90$, et il incline vers le sud sous un angle de 10 degrés environ. La couche du calcaire marneux, avec grains de minerai, qui le constitue, repose sur un calcaire marno-compacte, rougeâtre, en plaquettes entremêlées de marne, dont l'épaisseur est de $1^{m},75$, et qui se trouve au-dessus d'un banc de marne bleuâtre, puissant de $1^{m},60$, qu'ont traversé les puisards de plusieurs puits; elle est recouverte par deux assises de calcaire compacte, sublamellaire, rougeâtre, contenant quelques grains de minerai de fer, lesquelles ont $7^{m},16$ et $3^{m},30$ de puissance, et sont séparées par un banc de marne bleuâtre épais de $3^{m},30$. L'ensemble du terrain jura-crétacé incline au sud sous un angle de 10 à 12 degrés, et s'adosse sur un calcaire compacte du 3e étage jurassique, inclinant également au sud, qu'on voit très-distinctement en place dans un vallon voisin de la mine.

Le gîte des Hôpitaux-Vieux a été attaqué par trois puits profonds de 4, 10 et 13 mètres, qui communiquent par des galeries d'allongement et

de pendage, auxquelles aboutissent des traverses de recoupement pratiquées dans le sens de la direction et dans celui du pendage, à 4 ou 5 mètres les unes des autres. L'étendue des travaux souterrains est de 135 mètres environ en longueur, sur 25 à 30 mètres en largeur.

Le minerai brut est exposé à l'air, concassé et lavé comme le minerai de Métabief, et il rend aussi 20 p. ⁰⁄₀ environ de minerai propre à la fusion.

L'exploitation était suspendue depuis un an quand nous avons visité la mine; mais on avait le projet de la reprendre bientôt. Elle fournit annuellement pour le fourneau de Pontarlier 400 muids du poids de 600 kilogrammes, ou 2.400 quintaux métriques de minerai, qui se vend ordinairement 5f,20 le muid ou 0f,86 le quintal métrique. Cinq ouvriers sont employés à cette exploitation conduite par un entrepreneur.

Le gîte des Hôpitaux est évidemment concessible, puisqu'il comporte des travaux souterrains, permanents et réguliers.

5. Mine des Longevilles.

La mine des Longevilles se trouve au lieu dit le Clos-de-la-Grangette, à 2 kilomètres au nord-est du village des Longevilles. Elle est ouverte sur une couche de calcaire marno-compacte, chargé de très-petits grains oblongs de minerai de fer, d'un brun très-luisant, laquelle est formée d'un ensemble de plaquettes entremêlées de marne, et a 2 mètres de puissance environ. Elle repose sur un calcaire rougeâtre, un peu sablonneux, qui se présente aussi en plaquettes, empâtant quelques grains de minerai, et dont la puissance, reconnue par plusieurs puits, est d'environ 3 m. Au-dessus du gîte se trouve un calcaire rougeâtre sablonneux, comme le calcaire inférieur, et à tissu lâche, qui

empâte aussi des grains de minerai et se présente en plaquettes entremêlées de marne; sa puissance n'excède pas 1 m. Ce calcaire est surmonté d'un calcaire compacte, sublamellaire, rougeâtre, de 8 m. de puissance, y compris un banc de marne bleuâtre épais de 3m,30, qui se trouve à un mètre de la surface du sol. Le gîte et les couches qui l'enclavent, dont la puissance totale est de 18 mètres environ, inclinent vers le sud-est, sous un angle de 45 degrés au moins; tandis que les couches portlandiennes, sur lesquelles repose le terrain jura-crétacé, et qui constituent la haute montagne voisine de la mine, inclinent au nord-ouest, sous un angle d'environ 36 degrés, c'est-à-dire inversement; ce qui est une exception à la règle générale du parallélisme, à quelques degrés près, des stratifications du terrain jura-crétacé et du terrain jurassique. Comme on voit distinctement, près du village de Longevilles, un calcaire appartenant au coral-rag, surmonté d'abord d'un dépôt marneux avec rognons de calcaire marno-compacte, puis de calcaires compactes appartenant au 3e étage jurassique, lesquels sont inclinés dans le même sens que le terrain jura-crétacé, sous lequel ils passent évidemment, il est probable que, postérieurement à la formation de la vallée, une commotion plutonique a produit une fente dans son talweg et le glissement de l'un de ses versants sous l'autre, en faisant disparaître entièrement le dépôt jura-crétacé de ce versant, de sorte que celui qui renferme le gîte de minerai appartenait au versant opposé de la vallée.

Les travaux d'exploitation de la mine des Longevilles consistent en trois puits distants de 16 et 50 mètres, et profonds de 15, 16 et 17 mètres,

au bas desquels se trouve une galerie d'allongement, recoupée par des galeries d'amont et d'aval-pendage distantes de 4 à 5 mètres, qui sont elles-mêmes recoupées par des traverses pratiquées à 3 mètres les unes des autres. Ces travaux s'étendent sur une longueur d'environ 170 mètres suivant la direction du gîte, et sur une largeur de 55 mètres suivant l'aval-pendage, toute la partie du gîte située dans l'amont-pendage de la galerie d'allongement étant exploitée. Mais il est impossible que cet aval-pendage ne soit pas coupé bientôt par les couches portlandiennes qui se montrent à moins de 100 mètres du puits, inclinées dans le sens opposé, ainsi que nous venons de le dire.

Le minerai des Longevilles est trié une première fois dans la mine, puis cassé au jour et trié de nouveau. Il est alors propre à la fusion, sans être soumis au lavage, comme les autres minerais analogues dont nous avons parlé précédemment. Les deux triages qu'il subit occasionnent un déchet d'environ 25 p. $\frac{0}{0}$.

On extrait annuellement, pour les besoins du fourneau de Rochejean, 3.500 muids du poids de 700 kil. l'un, ou 24.500 quintaux métriques de minerai. Chaque muid se vend sur place $3^f,50$, ce qui correspond à $0^f,52$ par quintal métrique.

L'exploitation est confiée à un entrepreneur qui emploie 24 ouvriers en hiver et 8 en été.

Les travaux d'exploitation de la mine des Longevilles ont été jusqu'à présent souterrains et réguliers, et ceux à faire ultérieurement seront susceptibles de la même régularité et devront être également souterrains; en conséquence, ce gîte est concessible.

La mine de Boucherans se trouve au lieu dit la

6. Mine de Boucherans.

Saint-Jean, à 300 mètres environ au sud-est du village de Boucherans. Cette mine est ouverte sur un banc de calcaire marno-compacte qui se présente en plaquettes entremêlées de marne sablonneuse verdâtre, lesquelles sont chargées de très-petits grains oblongs d'un minerai de fer d'un brun jaunâtre très-éclatant, dont le reflet est pour quelques-uns peu différent de celui de la pyrite jaune de fer. Ce banc a 1m,60 de puissance ; il repose sur un calcaire sablonneux, d'un gris-verdâtre, de 1m,60 d'épaisseur, constitué par un ensemble de plaquettes entremêlées de marne sablonneuse verdâtre, au-dessous duquel se trouve une couche de marne bleuâtre, puissante de 5 à 6 mètres, qui a été reconnue par un canal d'écoulement pratiqué dans une des galeries. Un escarpement qu'on franchit, avant d'arriver à la mine, fait voir au-dessous de la marne bleuâtre, sur une hauteur de 6 à 7 mètres, un calcaire compacte, suboolithique, grisâtre, parsemé de lamelles de crinoïdes, qui appartiennent aussi au terrain jura-crétacé. Le gîte est recouvert par un calcaire jaunâtre, à tissu lâche, suboolithique, et parsemé de lamelles de crinoïdes, lequel se présente en couches peu puissantes, sur une hauteur de 4 à 5 mètres.

Le terrain jura-crétacé de Boucherans se trouvant dans une sorte de plaine, à une assez grande distance des croupes jurassiques de la large vallée dans laquelle il s'est déposé, son inclinaison doit être faible ; aussi le gîte incline-t-il au sud-sud-est, sous un angle qui n'excède pas 3 ou 4 degrés.

On verra par l'énumération des fossiles, que ce gîte est extrêmement riche en débris organiques.

Les travaux d'exploitation consistent en une

galerie de pendage diagonale débouchant au jour, qui sert de galerie de roulage, et en un grand nombre de galeries poussées suivant la direction et la pente du gîte. Ces galeries ont 3 à 4 mètres de largeur et sont séparées par des piliers de 6 à 7 mètres de côté. On a enlevé quelques-uns de ces piliers pour les remplacer par des déblais provenant du triage intérieur, lesquels sont parfois si abondants, qu'on est obligé d'en sortir au jour, après avoir remblayé toutes les excavations. Les ouvrages souterrains s'étendent suivant la direction, sur une longueur de 3 à 400 mètres, et suivant la pente, sur une largeur de 200 à 250 mètres; ils se trouvent en majeure partie à l'ouest de la galerie de roulage, direction vers laquelle existent d'anciens travaux fort étendus et plusieurs galeries abandonnées qui débouchaient au jour, tandis que le gîte est entièrement intact à l'est des travaux actuels d'exploitation.

On n'extrait au jour que le cinquième en volume du gîte, les quatre autres cinquièmes n'étant pas assez riches pour être exploités comme minerai. On les emploie pour remblai, ou bien on les sort au jour, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus, quand ils sont surabondants. On laisse le minerai brut exposé à l'air pendant un an au moins, pour qu'il fuse, en ayant soin d'écraser de temps en temps avec une masse les morceaux calcaires qui ne tombent pas naturellement en poussière. Ensuite on le passe à la claie pour séparer de la poussière les morceaux calcaires qu'on met au rebut, parce qu'ils sont généralement peu riches. Il résulte de cette préparation un nouveau déchet d'un cinquième environ; et le minerai qui en provient est propre à la fusion sans qu'on le soumette au lavage.

La mine de Boucherans fournit annuellement pour le fourneau de Moutène, situé près de Salins, 400 muids de 600 kil. l'un, ou 2.400 quintaux métriques de minerai propre à la fusion, qui se vend sur place 4 fr. le muid ou 0^{f},66 le quintal métrique. L'exploitation se fait au compte d'un entrepreneur qui emploie 6 ouvriers en hiver et 2 en été.

La régularité de l'allure du gîte de Boucherans et celle des travaux d'exploitation, qui ne peuvent être pratiqués que souterrainement, rendent évidemment ce gîte concessible.

L'analyse que nous avons faite du minerai de Boucherans nous a donné pour sa composition :

Carbonate de chaux et de magnésie. . . .	29,00
Argile, sable et alumine combinée. . . .	22,40
Silice combinée	4,00
Protoxyde de fer.	0,80
Peroxyde de fer.	34,00
Eau	9,40
Perte.	0,40
	100,00

Le protoxyde de fer s'y trouve combiné avec de la silice, de l'alumine et de l'eau, comme dans les autres minerais du même terrain.

D'après la composition des deux oxydes de fer, ce minerai contient 24,17 p. % de fer métallique.

Essayé par la voie sèche, il a bien fondu sans aucune addition, et a donné un culot de fonte pesant 23,80 p. %.

7. Autres gîtes de minerais non exploités. Il existe dans le département du Doubs, aux Essarts, commune des Hôpitaux-Vieux, à Montperreux et aux Grangettes-les-Saint-Point; et dans le département du Jura, aux Grangettes, commune de Censeau, et aux Gaudins, commune de

Cuvier, d'anciens travaux d'exploitation pratiqués souterrainement sur des gîtes analogues à ceux que nous venons de décrire. Ces travaux ont été abandonnés, soit parce qu'ils étaient plus éloignés des points de consommation que les mines aujourd'hui en exploitation, soit parce que les minerais en provenant étaient moins riches que ceux de ces dernières mines.

Le minerai de fer que nous venons de décrire diffère, sous le rapport minéralogique, du minerai pisiforme ou en grains qu'on exploite en Franche-Comté, et principalement dans le département de la Haute-Saône, en ce qu'il n'a pas, comme celui-ci, une structure sphéroïdale à couches concentriques, ou du moins, si cette structure existe, elle n'est pas bien nette; mais il s'en rapproche par la composition chimique, puisque les deux variétés de minerai contiennent les mêmes principes constituants dans des proportions peu différentes. Sous le rapport géologique, les deux minerais offrent des analogies remarquables; en effet les grains quartzeux, dont le minerai pisiforme est accompagné, sont semblables à ceux des couches de sable du terrain jura-crétacé, analogue lui-même au sable qui recouvre souvent les gîtes de minerai pisiforme; la marne endurcie dite grabon, dans laquelle on trouve en quelques points, le minerai pisiforme empâté, diffère peu du calcaire marneux qui recèle le minerai de fer du terrain jura-crétacé; le minerai pisiforme paraît avoir succédé immédiatement au terrain jurassique, le poudingue qui l'accompagne passant souvent au calcaire portlandien constitué fréquemment dans ses assises supérieures, soit par des calcaires en plaquettes, rognons et nodules

Rapprochement entre le minerai de fer jura-crétacé et le minerai de fer pisiforme.

entremêlés de marne, soit par des calcaires bréchiformes, de même que le terrain jura-crétacé succède évidemment au terrain jurassique; enfin leur manière d'être orographique est absolument la même, puisque le terrain du minerai de fer pisiforme et le terrain jura-crétacé se présentent l'un et l'autre dans les dépressions et vallées des monts Jura, sans se montrer jamais sur leurs sommités. Ajoutons que l'existence dans le minerai pisiforme de certains fossiles à l'état ferrugineux (*Nerinea*, *Terebratula*, *Hamites*, *Ammonites*), dont on observe aussi les espèces dans le terrain jurassique, prouve que sa formation a été très-voisine de celle de ce terrain; et, d'un autre côté, l'empâtement ou les impressions de grains de minerai pisiforme à la surface des calcaires jurassiques qui avoisinent les minières des environs de Gray, Pesmes, Belfort et Montbéliard, indiquent aussi que les assises supérieures du terrain jurassique n'étaient pas encore parfaitement consolidées quand le minerai pisiforme s'est déposé. Ainsi les deux dépôts de minerai offrent les plus grandes analogies sous tous les rapports, à côté d'une seule différence peu importante due à la structure. En conséquence, il semble rationnel de les rapporter au même niveau géognostique, en admettant que des circonstances particulières ont favorisé dans le bas Jura la formation du minerai pisiforme, tandis que dans le haut Jura, les causes qui ont produit le développement du terrain jura-crétacé se sont opposées à ce que le dépôt des sources minérales ferrugineuses s'y formât de la même manière.

Comme le minerai de fer pisiforme non remanié est recouvert en quelques points par un dépôt

appartenant aux terrains tertiaires (1), on pourrait penser peut-être qu'il doit être rapporté à l'un des étages de ces terrains, ainsi qu'un grand nombre de gîtes de minerai exploités dans le centre de la France; mais cette assimilation ne nous paraît pas admissible par plusieurs raisons, dont les principales sont : l'empâtement et les impressions de grains de minerai de fer dans certains calcaires jurassiques qui avoisinent leurs gîtes, fait qui prouve que le minerai pisiforme des monts Jura s'est formé à une époque fort rapprochée du dépôt des assises supérieures du terrain jurassique; la présence, dans un grand nombre de gîtes, d'un poudingue jurassique, dont l'analogie avec certaines couches portlandiennes annonce qu'il a succédé immédiatement au terrain jurassique; enfin la nature des fossiles bien intacts et entièrement ferrugineux qu'on y observe, fossiles qui sont nécessairement contemporains du minerai, et qui se rapportent, comme ceux du terrain jura-crétacé, les uns au terrain jurassique, et les autres au grès-vert proprement dit.

Toutefois nous devons convenir que notre opinion sur l'âge géognostique du minerai de fer pisiforme du versant occidental des monts Jura n'est que conjecturale, et qu'elle pourra être controversée tant qu'on n'aura pas observé quelque

(1) Nous avons décrit, dans une notice insérée dans le bulletin de la société géologique de France, t. 6, p. 32, le dépôt lacustre de Nommay et de Charmont, qui appartient aux terrains tertiaires, et recouvre les gîtes de minerai de fer pisiforme des environs de Montbéliard (Doubs).

assise appartenant au grès-vert ou à la craie en recouvrement sur des gîtes de ce minerai.

Exemples de la constitution du terrain jura-crétacé.

Pour compléter la description du terrain jura-crétacé, nous allons donner quelques exemples de la constitution de ce terrain, pris dans les localités qui le présentent le mieux caractérisé, en indiquant la puissance approximative des différentes assises qui le composent, et leur ordre de succession en allant du haut en bas.

1° A la Ville-de-Pont, près de la carrière du gypse, on voit :

a. Calcaire lamellaire, d'un gris jaunâtre, schistoïde, pétri d'entroques.	10m,00
b. Calcaire subgrenu, rougeâtre, renfermant quelques entroques et des nids de spath calcaire.	2m,00
c. Calcaire fibreux, compacte, rougeâtre, en plaquettes entremêlées de marne.	1m,00
d. Marne jaune, avec fossiles.	0m,30
e. Calcaire fibreux, compacte, rougeâtre, (semblable au calcaire *c*).	0m,60
f. Marne jaune, avec fossiles.	0m,25
g. Marne d'un bleu foncé, avec fossiles.	4m,00
h. Calcaire fibreux, compacte, rougeâtre, (semblable aux calcaires *c* et *e*).	0m,30
i. Marne d'un bleu foncé, avec fossiles.	14m,00
j. Gypse subfibreux, blanchâtre, grisâtre ou rougeâtre	6m,00
Puissance totale.	38m,45

2° Près d'Arçon, sur le chemin de Pontarlier, on a :

a. Calcaire fibreux, subcompacte, rougeâtre, schistoïde.	4m,00
b. Marne jaune, avec fossiles.	1m,00
c. Marne d'un bleu foncé, avec fossiles.	3m,00

d. Calcaire sublamellaire, bleuâtre, en plaquettes entremêlées de marne.	1m,25
e. Marne jaune, avec fossiles.	0m,60
f. Calcaire sublamellaire, bleuâtre, en plaquettes, (semblable au calcaire *d*).	0m,25
g. Calcaire subgrenu, d'un gris rougeâtre, renfermant des entroques, des lamelles de crinoïdes, beaucoup de fragments de polypiers et des nids de spath calcaire.	1m,00
h. Calcaire compacte, sublamellaire, grisâtre, parsemé de taches bleuâtres et veiné de spath calcaire, avec *nerinea*, dents de *pycnodus*, et fragments de polypiers.	0m,30
i. Marne jaune, avec fossiles.	0m,50
j. Calcaire composé de très-petites oolithes blanchâtres et jaunâtres.	0m,35
k. Calcaire sablonneux, rougeâtre, empâtant quelques grains de minerai.	0m,40
l. Calcaire à pâte compacte, avec oolithes de forme irrégulière et lamelles spathiques de couleur grisâtre.	0m,75
Puissance totale	13m,45

3° A Censeau, le monticule qui domine le village, sur le chemin de Nozeroy, présente la succession suivante :

a. Calcaire sublamellaire, suboolithique, grisâtre, schistoïde, renfermant beaucoup d'entroques.	2m,00
b. Calcaire grenu, grisâtre.	1m,00
c. Calcaire lamellaire, schistoïde, grisâtre avec macules verdâtres, renfermant beaucoup d'entroques, des lamelles de crinoïdes et des fragments de polypiers	2m,00
d. Marne jaunâtre, avec fossiles.	4m,00
e. Calcaire lamellaire, grisâtre, avec macules verdâtres, pétri d'entroques, en plaquettes entremêlées de marne.	2m,00

f. Marne bleuâtre, avec fossiles, renfermant un banc de sable verdâtre d'un mètre d'épaisseur. 5^{m},00

g. Calcaire oolithique, jaunâtre, à petites oolithes de forme oblongue et d'une texture lâche, renfermant des lamelles de crinoïdes et quelques petits grains de minerai de fer. . . . . 8^{m},00

h. Marne bleuâtre, avec fossiles, qui repose sur un calcaire compacte paraissant appartenir au troisième étage jurassique. . . . . 3^{m},00

Puissance totale. . . . . 25^{m},00

4° A Boucherans, l'escarpement, où se trouve la mine de fer, est constitué comme il suit :

a. Calcaire jaunâtre, suboolithique, à tissu lâche, avec lamelles de crinoïdes. . . . . 4^{m},00

b. Calcaire marno-compacte, grisâtre, en plaquettes entremêlées de marne sablonneuse verdâtre, et chargées de très-petits grains oblongs de minerai de fer d'un brun jaunâtre très-éclatant, calcaire qui fait l'objet de l'exploitation. . . . . 1^{m},66

c. Calcaire sablonneux, d'un gris-verdâtre, en plaquettes entremêlées de marne verdâtre. . . . . 1^{m},60

d. Marne bleuâtre, avec fossiles . . . . 6^{m},00

e. Calcaire compacte, suboolithique, grisâtre, parsemé de lamelles de crinoïdes. . . . . [illegible]^{m},06

Puissance totale. . . . . 19^{m},00

5° Aux Longevilles, les puits de la mine de fer donnent la coupe suivante :

a. Calcaire compacte, sublamellaire, rougeâtre, en plaquettes, empâtant quelques grains de minerai de fer. . . . . 1^{m},00

b. Marne bleuâtre, avec fossiles . . . . 3^{m},30

c. Calcaire compacte, sublamellaire, rougeâtre, en plaquettes. . . . . 1^{m},70

d. Calcaire compacte, sublamellaire, rougeâtre, avec quelques grains de minerai. . . . . 7^{m},00

e. Calcaire rougeâtre, un peu sablonneux, à tissu lâche, en plaquettes, avec quelques grains de minerai.	1m,00
f. Calcaire marno-compacte, grisâtre, chargé de petits grains de minerai de fer d'un brun très-luisant, en plaquettes entremêlées de marne, lequel fait l'objet de l'exploitation.	2m,00
g. Calcaire rougeâtre, un peu sablonneux, empâtant quelques grains de minerai de fer, en plaquettes entremêlées de marne.	3m,00
Puissance totale.	18m,00

6° A Neufchâtel, dans le ravin de l'Ecluse, on a la succession suivante:

a. Calcaire jaunâtre, d'un tissu lâche, empâtant quelques oolithes de grosseurs diverses, beaucoup de lamelles de crinoïdes, des entroques, des fragments de polypiers et des débris de bivalves, avec des rognons de silex grenu passant au silex compacte.	11m,00
b. Calcaire lamellaire, grisâtre, avec entroques, *lamelles de crinoïdes et quelques grains de minerai* de fer, en plaquettes entremêlées de marne bleuâtre.	2m,00
c. Marne bleuâtre, schistoïde, avec fossiles. . . .	8m,00
d. Marne jaunâtre, à laquelle sont subordonnées des plaquettes de calcaire compacte, sublamellaire, grisâtre, renfermant quelques grains de minerai de fer.	2m,00
e. Calcaire grenu, rougeâtre, suboolithique, chargé de lamelles de crinoïdes et renfermant beaucoup de grains de minerai de fer (ce calcaire repose sur un calcaire compacte portlandien, dans lequel on trouve, sur la route de Vallengin, des *nerinea suprajurensis* Voltz)	1m,00
Puissance totale.	24m,00

7° A Planemont (Suisse), près du village de Couvet, dans le val de Travers, le terrain jura-crétacé est constitué comme il suit:

a. Marne d'un bleu foncé, avec fossiles, qu'on voit au-dessus de Planemont s'adosser sur un calcaire compacte portlandien..	5m,00
b. Marne jaunâtre, avec fossiles, renfermant des nodules de chaux carbonatée saccharoïde, désaggrégée, et quelques plaquettes de calcaire fibreux, subcomp., avec grains de min. de fer.	4m,00
c. Calcaire lamellaire, rougeâtre, offrant beaucoup de nids de spath calcaire et quelques grains de minerai de fer, avec des plaques et rognons de silex grenu passant au silex compacte.	3m,00
d. Marne jaunâtre, avec fossiles.	4m,00
e. Marne bleuâtre, avec fossiles.	6m,00
f. Calcaire subcompacte, jaunâtre, avec lamelles de crinoïdes et fragments nombreux de coquilles, en plaquettes entremêlées de marne jaunâtre.	5m,00
g. Calcaire très-lamellaire, rougeâtre, avec entroques.	1m,00
h. Calcaire grenu, rougeâtre, empâtant des cristaux rhomboèdres de chaux carbonatée, et quelques grains de minerai de fer.	1m,40
i. Calcaire grenu, rougeâtre, empâtant beaucoup de grains de minerai de fer.	1m,00
j. Marne jaunâtre, avec fossiles, dont on ne peut reconnaître toute la puissance à cause de la culture du sol.	1m,00
Puissance totale.	32m,00

Ensemble des débris organiques du terrain jura-crétacé.

Nous terminerons la description du terrain jura-crétacé par l'indication de l'ensemble des débris organiques qu'il renferme.

NOMS DES FOSSILES.	LOCALITÉS où ils ont été recueillis.	Indication de ceux propres au terrain jura-crétacé. a	Indication de ceux existant aussi dans les terrains jurassique b	crétacé c	jurassique et crétacé d	LOCALITÉS OU CEUX qui n'appartiennent pas uniquement au terrain jura-crétacé ont été observés.
Scyphia mamillaris Gold.	Arçon, Censeau.			c		Essen (Westphalie).
Id. Bronnii Munst.	Arçon, Censeau.		b			Belfort, Porentruy.
Id. elegans Gold.	Arçon, Planemont.		b			Belfort, Thurnau (Bavière).
Ceriopora cryptopora Gol.	Arçon, Censeau.			c		Maestricht.
Id. anomalopora G.	Censeau.			c		*Id.*
Id. milleporacea G.	Arçon, Censeau, Planemont.			c		*Id.*
Id. tubiporacea Go.	Arçon, Censeau, Les Fourgs, les Hôpitaux, Planemont.			c		*Id.*
Cellepora orbiculata Gold.	Métabief, Planemont.		b			Haute-Saône (1. et 2. ét. jurassiques).
Id. echinata Gold.	Métabief, Nozeroy.		b			Haute-Saône (1. étage jurassique).
alopora compressa Gold.	Nozeroy, La Rivière, Hauterive.		b			Haute-Saône (2. ét. jur.).
Id. dichotoma Gold.	Planemont.		b			*Id.*
strea reticulata Gold.	Métabief, Boucherans.			c		Alpes.
patangus retusus Gold.	Ville-de-Pont, Boucherans, Nozeroy, Neufchâtel, Hauterive.				d	Angleterre (grès-vert).
Id. intermedius Go.	Le Pissou, Hauterive.		b			Wurtemberg.
idaris Schmidelii Gold.	Hauterive, Chaudefond.		b			Cap de la Hève.
Id. variolaris Al. Bron.	Le Pissou, Hauterive.				d	Perte du Rhône, Bavière.
ucleolites granulosus Go.	Le Pissou, Métabief.		b			Bavière.
erpula heliciformis Gold.	Toutes les localités.	a				
Id. parvula Gold.	La Rivière, Planemont.			c		Westphalie (grès-vert).
Id. ilium Gold.	Planemont.		b			Haute-Saône, Besançon (2. ét. jurass.).
Id. tricarinata Gold.	Hauterive.		b			Bouxwiller (1. étage jurassique).
Id. flaccida Gold.	Métabief.		b			Haute-Saône (2. étage jurassique).
Id. socialis Gold.	Venère, Métabief, Hauterive, Boucherans.				d	Haute-Saône, Bas-Rhin (2. étage jurassique).
Id. Gordialis Schl.	Métabief.				d	Haute-Saône, Doubs, Bas-Rhin (les trois étages jurassiques).
Id. carinella Sow.	Métabief, Hauterive.			c		Blackdown (grès-vert).
Id. conformis Gold.	Métabief, Hauterive.		b			Haute-Saône (2. étage jurassique); Bouxwiller (1. ét. jurass.).
ebratula buccolenta Ziet	La Pissou, la Ville-de-Pont, Venère, Voray.		b			Haute-Saône (2 étage jurassique).
Id. depressa Lam.	Hauterive.				d	Gourdon (Lot).

NOMS DES FOSSILES.	LOCALITÉS où ils ont été recueillis.	Tous ceux de ceux propres au terrain jura-crétacé. a	Indication de ceux existant aussi dans les terrains jurassique b	crétacé. c	jurassique et crétacé. d	LOCALITÉS OU CEUX qui n'appartiennent pas uniquement au terrain jura-crétacé ont été observés.
Id. biplicata acuta de Buch.	Le Pisson, Venère, Voray. Bucey-les-Gy, Censeau Métabief, Hauterive Planemont.	a				
Id. lata ? Sow.	Hauterive. Neufchâtel.				d	Sussex, Normandie.
Ostrea colubrina Gold.	Venere, Arçon, Planemont.				d	Besançon, Porentruy (2e étage jurassique).
Id. prionata Gold.	Planemont.				d	Besançon, Belfort (2e ét. jurassique).
Exogyra aquila Gold.	Toutes les localités.			c		Westphalie (grès-vert).
Id. spiralis Gold.	Hauterive.					Westphalie (kimmeridge clay).
Id. reniformis Gold.	Hauterive, Neufchâtel.		b			Bouxwiller.
Id. haliotoidea ? Sow.	Planemont.			c		Essen.
Id. subcarinata ? Sow	Planemont.			c		Westphalie (grès-vert).
Pecten quinquecostatus So.	Venète, Le Pissou, Arçon, Noël-le-Cerneut, Métabief, Hauterive, Chaudefond.			c		Maestricht, Perte du Rhone.
Id. striatocostatus Gold	Hauterive.			c		Westphalie (grès-vert).
Id. annulatus Sow. Go	Métabief.		b			Wurtemberg.
Id. comatus Mun. Gol	Hauterive, Planemont.		b			Bavière.
Id. textorius Gold.	Métabief, Planemont.					Bavière.
Lima gibbosa Sow. Nilson.	Métabief, Hauterive.				d	Haute-Saône (1. étage jurassique).
Plagiostoma obscurum ? So.	Venète, Voray, Bucey-les-Gy, Métabief.		b			Angleterre. Angleterre.
Mytilus pectinatus Sow.	Neufchâtel.		b			Haute-Saône (1. étage jurassique)
Pholadomya fidicula Sow.	Le Pissou, Métabief, Boucherans, Hauterive.		b			Alsace (1. étage jurassique
Id. bucardina Voltz	Le Pissou, Saint-Claud.					
Trigonia aliformis Sow.	Venete, Hauterive.			c		Angleterre (grès-vert).
Trochus Rhodani Al. Bron	Arçon, Hauterive.					Perte du Rhône.
Id. gurgitis Al. Brong	Voray, Hauterive.			c		Perte du Rhône.
Nerinea suprajurensis Vol.	Métabief, Travers.		b			Haute-Saône (3. étage jurassique).
Pterocera Oceani Al. Bro	Métabief, Foncine-le-Bas, Travers, Planemont.		b			Haute-Saône (3. ét. jur.
Nautilus radiatus Sow.	Métabief.			c		Angleterre.
Ammonites asper Merian.	Voray, le Pissou, Neufchâtel, Hauterive.	a				
Prosopon tuberosum H. V. Meyer.	Boucherans.			c		Westphalie (grès-vert).
	TOTAUX.	3	26	18	9	

NOMS DES FOSSILES.	LOCALITÉS où ils ont été recueillis.	[illegible] au terrain [illegible]	[illegible] de ceux existant aussi dans les terrains [illegible]			LOCALITÉS OÙ CEUX qui n'appartiennent pas uniquement au terrain jura-crétacé ont été observés.
			[illegible]	[illegible]	[illegible] et crétacé	
[illegible]						
…ents de Pycnodus.	…rçon, Neufchâtel, Favarge.					
…chilleum.	…lanem nt.					
…il-pora.	…lanemont.					
…riopora.	…lanemon.					
…trea.	…léta ief.					
…terina.	…lanemont.					
…lypeaster.	…e Pisoux, Métabief.					
…ervillia ?	…tabief, Haut rive					
…ya.	…letabief, Hauterive.					
…aama.	…létabief, Boucherans.					
Trigonia (n. sp. voisine de la Trigonia [illegible] Sow.	létabief, Hauterive.					
…rea.	…Travers.					
…rassatella.	…tabief, Boucherans.					
…inna.	…létabief, Boucherans, les Fourgs, les Hopitaux,					
…erna.	…auterive.					
…ucullaea.	…oray, B ecy les Gy, Mét. les Fourgs, Boucheran Nozeroy, Neufchâtel.					
…iceras ?	…tabief, Boucherans.					
…ea.	…etabief.					
…cala.	…auterive.					
…ula.	…auterive, Planemont.					
…mphidesma.	…auterive.					
…tlania.	…oucherans.					
…mpullaria.	létabief, Boucherans.					
…mmonites (2 esp.).	…auterive.					
…lemnites.	Hauterive, Planemont,					

Conclusion. En résumé, les faits et considérations exposés dans ce mémoire peuvent être formulés comme il suit :

1° Les monts Jura ont été soulevés successivement de l'ouest vers l'est, de sorte que le bas Jura a apparu le premier, et que le haut Jura a été élevé le dernier hors du sein des eaux; hypothèse qui fait concevoir parfaitement les variations que présente le terrain jurassique relativement à la puissance de ses assises, à la fréquence ou à la rareté des couches marneuses qui lui sont subordonnées, à l'abondance ou à la rareté de ses débris organiques, et à la fréquence ainsi qu'au développement de ses accidents, suivant les points où l'on observe ce terrain dans les chaînes jurassiques, et qui explique aussi le fait du décroissement de la puissance du terrain jura-crétacé déposé dans les vallées jurassiques, qu'on remarque en allant du haut Jura vers le bas Jura.

2° Ces soulèvement successifs étaient de plus en plus fréquents et doués d'une intensité croissante, à mesure que la période jurassique approchait de sa fin; et ils n'avaient pas cessé quand le terrain jura-crétacé s'est déposé, puisque les couches de ce terrain ont été redressées avec les assises jurassiques sur lesquelles elles reposent, avant que les unes et les autres fussent parfaitement consolidées.

3° D'autres soulèvements ont même agi dans le Jura, lorsqu'il eut pris son relief principal après le dépôt jura-crétacé; et ces soulèvements eurent lieu jusque vers la fin de l'époque tertiaire, après le dépôt de la mollasse suisse qui se présente redressée dans quelques vallées jurassiques, et dont

le redressement peut être attribué au soulèvement des Alpes occidentales, de sorte qu'on doit admettre que les monts Jura ont été tourmentés par des convulsions plutoniques pendant la grande période comprise entre le commencement de l'époque jurassique et l'apparition des Alpes occidentales, vers la fin de l'époque tertiaire.

4° Tous les accidents et dérangements du terrain jurassique dans les monts Jura ont eu lieu avant l'entière consolidation des assises de ce terrain, pendant la durée des soulèvements qui ont donné aux chaînes jurassiques les principaux traits de leur configuration actuelle, c'est-à-dire jusqu'à la fin du dépôt du terrain jura-crétacé, à l'exception des *failles*, sorte d'accidents qui a pu se former jusqu'à l'époque du redressement de la molasse suisse.

5° Le terrain jura-crétacé qui se lie au terrain jurassique et au terrain crétacé par ses caractères paléonthologiques, forme vraisemblablement l'étage inférieur du dépôt du grès vert. Il se pourrait cependant qu'il constituât une formation distincte située entre le terrain jurassique et le grès-vert.

6° Enfin, le dépôt du minerai de fer pisiforme ou en grains, situé dans sa position originaire sur le versant occidental des monts Jura, a de l'analogie, tant sous le rapport minéralogique que sous le rapport géognostique, avec le minerai de fer en grains des assises inférieures du terrain jura-crétacé; sa manière d'être orographique est absolument la même que celle de ce terrain, et leurs caractères paléonthologiques offrent quelques similitudes, de sorte qu'on peut présumer que le

terrain du minerai de fer pisiforme de la Franche-Comté est contemporain du terrain jura-crétacé et synchronique de ses assises inférieures.

MÉMOIRE

GÉOLOGIQUE ET STATISTIQUE

Sur les terrains de grès avec houille qui, dans les départements de l'Aveyron et du Tarn, recouvrent la pente occidentale du plateau primitif central de la France;

Par M. MANÈS, ingénieur des mines.

Le terrain primitif des départements de l'Aveyron et du Tarn fait partie du vaste plateau de terrain ancien qui occupe le centre de la France. Il forme la pointe méridionale et rétrécie, par laquelle celui-ci se rattache à la Montagne Noire, et se compose :

1° De roches *granitiques* constituant, au milieu du terrain de gneiss, des dépôts assez étendus, comme vers La Guiolle, Saint-André-de-Bar et Lacaune, ou formant dans ce même terrain des masses irrégulières et des filons qui sont liés à des gîtes semblables de porphyre quartzeux et feldspathiques, comme aux environs de Villefranche;

2° De roches de *gneiss* et de *schistes micacés* occupant des terrains très-étendus, disposés en couches généralement inclinées, terminées souvent en aiguilles et toujours traversées par des vallées abruptes, sinueuses et étroites. Celles-ci renferment sur plusieurs points des bancs, veines et filons d'amphibolites, et des amas de serpen-

tine subordonnés, ainsi qu'un grand nombre de filons de minerais de fer, cuivre, zinc et plomb;

3° Enfin de *schistes talqueux* et *argileux* qui forment au nord des dépôts peu étendus, placés à la jonction des terrains secondaires, et au centre quelques dépôts disséminés au milieu même des terrains de gneiss et de schistes micacés.

Le versant oriental de cette pointe primitive présente en outre un terrain de transition, qui constitue les environs de Brusque, et delà s'étend en bande continue par Saint-Gervais et Saint-Pons, jusqu'à l'extrémité de la Montagne Noire. Ce terrain se compose de couches alternatives de schistes argileux et talqueux, de calcaires saccharoïdes ou compactes, blanchâtres ou bleuâtres, enfin de grauwackes passant au grès. Il contient aussi vers Saint-Affrique un grand nombre de filons cuivreux.

Le terrain ancien dont nous venons d'esquisser la constitution est entouré de toutes parts de terrains secondaires. Celui qui en recouvre la pente orientale est disposé en forme de fer à cheval au pied de la chaîne du Lévezou. Il contient au nord les bassins houillers d'Aubin et de Rodez, et va se lier au sud aux plaines du Gard et de l'Hérault.

Le terrain secondaire qui recouvre la partie occidentale occupe une ligne dirigée du N.-O. au S.-E., et forme un plateau élevé qui se continue dans les départements du Lot, de Tarn-et-Garonne et du Tarn; celui-ci présente:

1° De Bretenoux à Figeac, une bande de terrain de grès, large de 2 à 3 kilom. seulement, interposé entre les roches primitives et celles calcaires, et dans la partie inférieure de laquelle se trouvent quelques couches de houille qui sont exploitées;

2° De Figeac à Montheils, un dépôt de calcaire lias riche en minerais de fer, et que recouvre immédiatement vers l'ouest un calcaire jurassique;

3° De Montheils à Carmeaux, une suite de grès avec indices de houille qui paraissent être continus, et sont recouverts, soit par un terrain de calcaire secondaire, soit par un terrain tertiaire;

4° Enfin de Carmeaux à Réalmont, des dépôts isolés de grès, également avec indices de houille, qui s'élèvent du milieu des terrains tertiaires, venant généralement dans cette partie s'adosser au terrain primitif.

La description des terrains de grès, qui se rencontrent entre Montheils et Réalmont, forme l'objet de ce mémoire, que nous diviserons en deux sections : dans la première section nous traiterons de la géologie de ces terrains; dans la seconde nous exposerons les travaux d'exploitation et de recherche auxquels ils ont donné lieu.

SECTION Ire.

Description géologique des terrains de grès qui s'étendent de Montheils (Aveyron) *à Réalmont* (Tarn).

CHAPITRE Ier.

Des terrains de grès de Najac à Monestiès.

De Montheils près Najac à Puechmignon sur l'Aveyron règne, à la jonction du terrain primitif, une petite chaîne de grès, large de 2 à 5 kilom. seulement, laquelle est composée de grès feld-

spathiques, siliceux ou argileux psammitiques, en couches successives inclinées de 30 à 45° à l'O. Le grès feldspathique est grisâtre, formé de quartz et de feldspath, à grains fins et serrés, ou à grains plus gros et lâches; il passe à un conglomérat de même couleur, à galets de quartz hyalin, de la grosseur d'une noisette à une noix, empâtés par un ciment quartzo-feldspathique, ou par un ciment de quartz vitreux. Il ne paraît pas s'étendre au nord au delà de Najac, tient à la Salvetat et Puechmignon quelques nodules de houille, et est traversé à Puechmignon d'un grand nombre de filons de baryte sulfatée, qui doivent le faire ranger dans la classe des arkoses.

A la Salvetat ce grès contient plusieurs bancs d'argile schisteuse grise ou noire, épais de une à plusieurs toises, avec veines minces de houille terreuse, rognons disséminés de fer carbonaté argileux, et empreintes rares de plantes peu caractérisées. Quelques travaux peu profonds, faits anciennement sur ces couches, n'ont été suivis d'aucun succès. A Puechmignon ce même grès tient un seul banc de 5 pieds d'épaisseur d'une argile schisteuse noire, mélangée de minces filets de houille et de rognons de fer argileux enveloppés de houille noire, éclatante, fragile et très-pure. Ce banc, renfermant un grand nombre d'impressions de fougères assez semblables à celles du terrain houiller, a été suivi par galeries, mais trouvé très-irrégulier et très-pauvre.

Sur les grès feldspathiques précédents reposent, à Puechmignon, des bancs nombreux d'un grès siliceux blanc, à grains fins et très-serrés, lequel est veiné de jaune par un mélange d'oxide de fer; puis quelques bancs rares et peu épais d'un grès

siliceux, fin, rougeâtre, et de marnes schisteuses rouges, auxquels succède immédiatement un terrain de lias en superposition concordante, lequel est composé de calcaire marneux schistoïde noirâtre et très-fétide, de calcaire compacte, grisâtre, en bancs minces, alternant avec des marnes violettes, enfin de calcaires spathiques jaunâtres et blanchâtres, en bancs peu épais, contenant des bélemnites, térébratules, pecten, etc.

Vers la Salvetat, au contraire, le grès siliceux blanc manque au-dessus des grès feldspathiques, et on passe immédiatement de celui-ci au grès psammitique rougeâtre, lequel prend beaucoup d'extension en s'étendant vers Montheils, et tient ici des couches subordonnées de marnes schisteuses rouges et vertes, des veines minces de calcaire magnésien jaunâtre, et quelques filons cuivreux. Il est d'ailleurs recouvert, de Castanet à Villevayre, et Saint-Martial, par un grès blanc bien différent de celui de Puechmignon; celui-là est en effet formé d'un mélange à parties égales de quartz hyalin gris et de feldspath kaolinique blanchâtre. Il est toujours à grains lâches, tantôt fins, et alors exploité pour meules à aiguiser, tantôt moyens, avec fragments de quartz disséminés, de la grosseur d'un pois à une noisette, et milieux rougeâtres par un mélange d'oxide de fer. Comme le calcaire de Puechmignon, il offre une superposition concordante au grès vosgien; on le voit d'ailleurs, près de Castanet, alterner avec les marnes violettes du lias. Il forme donc ici la liaison de l'une à l'autre formation, et pourrait être rapporté au quadersandstein, tandis que le grès blanc de Puechmignon ne doit pas être séparé du grès feldspathique inférieur.

Quant à ce dernier, malgré la ressemblance de quelques-unes de ses couches avec le vrai grès houiller, et l'analogie des bancs d'argile schisteuse qui lui sont subordonnés avec ceux qui se trouvent dans les terrains houillers, nous ne pouvons cependant le croire aussi ancien. Les caractères d'arkoses qu'il offre sur plusieurs points, et sa liaison, sur toute la ligne, avec les grès psammitiques supérieurs, nous engagent à le rapporter au grès bigarré; ce qui va suivre prouvera d'ailleurs la justesse de ce classement.

Le terrain de grès qui s'observe entre la Guépie et Monestiès forme trois bandes distinctes; l'une très-étroite, passant un peu au sud de la Guépie, et se liant au grès de Puechmignon; les deux autres plus larges et occupant les vallées d'Aymer et du Cerou; ces dernières viennent se confondre aux environs de la Capelle-Segalar; partout ailleurs elles sont séparées par des dépôts tertiaires, qui couronnent les hauteurs intermédiaires. La composition de ce terrain de grès varie pendant toute cette distance, et offre les variétés de couches suivantes superposées les unes aux autres sous une direction N.-O. — S.-E., et une inclinaison variable de 15 à 45°:

1° Des couches d'*argile psammitique* fine, onctueuse, de couleur rouge amaranthe, ou de couleur bigarrée de rouge et de vert, avec des poudingues argileux psammitiques rougeâtres ou grisâtres; à galets aplatis de quartz et fragments de schistes talqueux et micacés. Celles-ci ne se montrent qu'au-dessous de Castanet, au fond du ravin de Salles, entre le gneiss et les arkoses suivantes :

2° Des couches d'*arkoses* qui présentent, du

moulin de Vaysse au village de Saint-Marcel, une ligne de rochers saillants au jour et sont composées : de poudingues à fragments de quartz hyalin, de lydienne, de feldspath et de schistes, empâtés par un ciment siliceux ou arénacé ; de grès siliceux passant au quartzite pur; de grès feldspathique à grains plus ou moins fins, passant au grès molaire, enfin de grès calcaire.

Ces couches reposent immédiatement sur le primitif, excepté cependant dans le ravin de Salles, où elles en sont séparées par les couches précédentes. Elles contiennent d'ailleurs des veines et nodules de marnes schisteuses et de psammites, et sont traversées d'un grand nombre de filons de baryte sulfatée fibro-laminaire radiée, et généralement minces, ou de filons de quartz hyalin, tantôt minces et composés de prismes opposés par leur sommet, tantôt puissants et composés de quartz fibreux radié, ou de quartz hyalin compacte. Ces derniers sont si abondants sur certains points qu'ils donnent au tout l'apparence d'une masse homogène quartzeuse, comme à la Palousie, près Monestiès, et à Saint-Marcel.

Au delà de ce dernier village, on retrouve encore des dépôts isolés d'arkoses à la jonction du primitif, d'abord dans le vallon d'Aymer, au-dessous du village de la Dayriè, puis au tournant de la route allant de la Guépie à Cordes, ainsi que derrière le château da la Guépie ; sur tous ces points ce sont des grès feldspathiques à gros grains qui contiennent des nodules et filons de baryte sulfatée, et desquels on tire des meules de moulin.

3. Des couches d'*argile schisteuse* grise ou noire, lisse et onctueuse au toucher, avec nodu-

les disséminés de pyrite, cristaux épars de gypse, veines et nids de fer carbonaté argileux, veinules de houille, et impressions généralement peu nombreuses de plantes et de roseaux.

4° Des *grès quartzo-ferrugineux* jaunâtres, à grains fins et tissu serré, dans lesquels l'oxide de fer est disposé en veines, en nids ou en veinules; ce qui les fait paraître cloisonnés, maculés ou rubanés. Ce grès abonde aux environs de Parrouquial et de la Capelle, où il s'adosse immédiatement au terrain primitif, tandis qu'à Monestiès il recouvre l'argile schisteuse houillère précédente, et contient lui-même des nids et veinules de houille. C'est l'observation de ces dernières qui a donné l'idée de rechercher dernièrement la houille aux environs de ce dernier bourg.

5° Des *grès psammitiques* grisâtres se levant en plaques minces, contenant aussi des nodules de houille, et alternant avec des bancs d'argile schisteuse noire, semblable au n° 3.

6° Enfin des *grès siliceux* fins, rougeâtres et micacés, à ciment argileux et dendrites manganésifères nombreuses, qui alternent avec des argiles schisteuses rougeâtres. Ces derniers grès fournissent de belles pierres d'appareil; les argiles tiennent vers Succaliac des veines nombreuses de gypse fibreux, et quelques bancs de 2 à 3 pieds d'épaisseur de gypse saccharoïde blanc que l'on exploite.

On voit, par ce qui précède, que le terrain de grès de la Guépie à Monestiès se compose de couches d'arkose superposées à des argiles schisteuses rouges qui doivent évidemment les faire rapporter au grès bigarré, puis de couches alternatives de grès ferrugineux ou psammitiques,

avec des marnes schisteuses tenant de la houille ou du fer carbonaté, qui ne peuvent appartenir qu'à la même formation, et montrent dans celle-ci des caractères non encore signalés. La liaison de ces grès avec ceux de Puechmignon à la Salvetat, confirme d'ailleurs l'opinion émise plus haut sur l'âge de ces derniers.

Le terrain de grès des environs de la Guépie a une grande épaisseur; car un trou de sonde fait au point où le ruisseau d'Engalières se jette dans le ruisseau d'Aymer, est parvenu jusqu'à 440 pieds sans l'avoir traversé. Il a recoupé une suite de grès grisâtres psammitiques, rougeâtres ferrugineux, ou blanchâtres quartzeux, en couches alternant avec des argiles schisteuses grises, noires, rouges et vertes, et a montré que les grès tenaient des veines subordonnées de marnes argileuses, et les argiles des veines subordonnées de calcaire.

Le terrain tertiaire qui recouvre les hauteurs de Panneins, à Bournasel, à la Capelle-Sainte-Luce, et celui qui existe de part et d'autre dans le vallon de Cerou, et qui vers le sud s'étend au loin dans le Tarn, présente deux étages distincts en bancs horizontaux.

L'inférieur, épais d'environ 50 à 60 mètres, se compose de couches alternatives de galets, de marnes et de sables.

Les marnes sont argileuses ou sableuses, elles sont grises, ou rouges, ou vertes, ou marbrées de ces différentes couleurs.

Les sables sont siliceux à grains fins, de couleur blanc grisâtre ou jaunâtre; ils passent sur plusieurs points à des grès siliceux.

L'étage supérieur, épais d'environ 40 mètres, se compose de couches alternatives de calcaire

marneux, blanchâtre, à tissu lâche, grain grossier et fossiles plus ou moins nombreux de lymnées, planorbes et hélices, et de grès molasse à grains siliceux, réunis par un ciment argilo-marneux.

CHAPITRE II.

Du terrain de grès des environs de Carmeaux.

Les environs de Carmeaux ont toutes leurs sommités formées d'un terrain tertiaire de même nature que le précédent. Celui-ci s'étend au loin au sud, et se prolonge encore au nord jusqu'au delà de Bournionac, où il vient s'appuyer sur les roches primitives des bords du Viaur. De Bournionac à Blaye, il se compose de galets, de marnes et sables; à partir de Blaye, il offre une ligne blanchâtre de calcaire d'eau douce, qui se prolonge au même niveau, et se distingue bien des marnes bigarrées inférieures.

Au nord de Carmeaux apparaissent au fond des vallées du Cerou, du Ceret et du Betjean, des roches primitives qui se lient d'une part aux terrains primitifs de Rosières, à Montpieu, à Pampellonne, et d'autre part à celui de Sabin à Montirat.

Ces roches sont des gneiss, des micaschistes et des schistes talqueux, dont les couches dirigées du N. S. au N.-O. S.-E plongent généralement de 70 à 80° à l'O., et qui contiennent des filons de quartz hyalin compacte, dont quelques-uns avec cuivre (Rosières).

Enfin au centre de la vallée du Cerou affleure

un grès houiller qui a fait la richesse du pays. Celui-ci n'occupe au jour qu'une surface d'environ 1 kilom. carré. Sa plus grande longueur, du N.-O. au S.-E. est de $1^k,6$ depuis le faubourg de Carmeaux jusqu'au moulin de Vaysse, et sa plus grande largeur du N.-E. au S.-O. de $0^k,63$, depuis le Hangard jusqu'à la métairie de Pouls. Vers Carmeaux et le moulin de Vaysse, la limite apparente est aussi celle de la formation; car en ces points s'observe la superposition immédiate des grès sur le sol primitif. Au nord-ouest, le grès houiller ne paraît pas se prolonger beaucoup sous la formation tertiaire; c'est du moins ce que font présumer les travaux du Ravin, qui a 450 mètres à l'O. du puits, prennent tout à coup une pente abrupte annonçant le voisinage du primitif. Au S.-E., la limite n'est pas d'ailleurs aussi facile à déterminer; vers le moulin de Vaysse, on voit sur une très-petite distance le grès houiller s'arrêter aux roches d'arkoses, qui viennent de Monestiès et disparaissent tout aussitôt sous les marnes, partout ailleurs il est recouvert de tertiaire: si on suppose, ce qui est du reste probable, que les roches d'arkoses continuent dans la même direction, on en conclura que la largeur réelle du bassin est d'environ $1^k,20$. Pour avoir sa longueur, il faudrait encore savoir jusqu'où les grès s'étendent au S.-E.; il paraît bien certain que de ce côté ils vont jusqu'à la Landrevié, et que cette longueur n'est pas moindre que $2^k,5$. Peut-être vont-ils encore au delà; mais c'est ce que rien n'a fait connaître jusqu'ici; le haut de la vallée du Candou n'offre en effet, vers le Mazet et la Salabertié, que des marnes et sables tertiaires qui n'ont point été traversés, tandis que la vallée de Couls est

formée, depuis sa naissance jusqu'au-dessous de Bezelle, par des roches primitives qui doivent se lier à celles d'Arthès, et qui sont immédiatement remplacées par des marnes non encore traversées (1).

Quoi qu'il en soit, la formation des grès de Carmeaux se compose de couches alternatives de grès, d'argiles schisteuses et de houille.

Le grès est à gros ou à petits grains. Le dernier qui est le plus commun est le plus ordinairement miliaire quartzeux, et d'aspect grisâtre. Il est formé de grains anguleux de quartz hyalin gris, avec quelque peu de feldspath kaolinique blanc jaunâtre, et lamelles rares de mica argentin. Il tient des nodules et veines d'argile schisteuse noire et micacée avec veinules de houille. Il forme des bancs puissants qu'on exploite pour pierres de taille, et desquels on a tiré aussi quelques meules peu résistantes. D'autres fois, comme à Merdialou, il est jaunâtre, siliceo-ferrugineux et rubané.

Le grès à gros grains, ou poudingue, est disposé par bancs intercalés à diverses hauteurs dans le précédent. Celui-ci est formé de galets, de quartz, de lydienne, de feldspath, et de fragments de schiste micacé ou talqueux, dont la grosseur varie depuis celle d'une noisette à celle d'une noix, et qui sont réunis par un ciment de grès commun.

L'argile schisteuse forme des couches puissantes de quelques pieds à plusieurs toises, qui alter-

(1) Le retournement que paraissent affecter les couches aux environs de Latour peut d'ailleurs faire penser que le terrain houiller ne s'étend pas beaucoup plus loin dans la direction du S.-E.

nent avec celles de grès. Elle offre deux variétés: l'une plus abondante est homogène, onctueuse au toucher, et de couleur grise ou noire, l'autre moins répandue est sableuse et micacée, et passe aux psammites à grains fins. Ni l'une ni l'autre ne fait d'effervescence avec les acides. Elles contiennent d'ailleurs un grand nombre d'impressions de fougères, roseaux et palmiers, ainsi que des veines et rognons de fer carbonaté lithoïde.

La houille forme dans l'argile schisteuse des couches de 5 à 8 pieds, qui ne sont sujettes qu'à peu de renflements et rétrécissements, mais au contraire à beaucoup de brouillages par des mélanges de schistes. On y en connaît cinq que l'on exploite avec avantage par puits et galeries. Cette houille est noire, éclatante, lamelleuse ou compacte, et peu pyriteuse. Elle brûle assez bien en collant, et donne un coke poreux, léger et métalloïde.

Les couches précédentes de grès, d'argile schisteuse et de houille, présentent dans leur ensemble, et suivant la direction de la petite vallée du Candou, un grand fond de bateau inclinant au nord, et de part et d'autre duquel ces couches se relèvent en général assez faiblement. A l'ouest seulement on voit la pente augmenter brusquement à l'approche des roches primitives sur lesquelles elles s'appuient. Soulevées par celles-ci, elles ont été d'autant plus tourmentées qu'elles occupent un plus petit espace. Un grand nombre de failles coupent ces couches dans toutes les directions; la plupart de ces failles examinées avec soin n'apparaissent d'ailleurs que comme des abaissements ou des relèvements partiels de tout le système.

Le puits qui a fait connaître le sol houiller à

une plus grande profondeur, est celui du nouveau Castillan, par lequel on a traversé 240 mètres de ce terrain; on connaît d'ailleurs, par les puits du Coteau et du Ravin, 20 mètres du même terrain supérieur au Castillan, et par un trou de sonde fait au bas de ce dernier puits, 40 mètres inférieurs à ce niveau. Il suit de là que la plus grande distance verticale, suivant laquelle la formation de Carmeaux a été traversée jusqu'à ce jour, est de 300 mètres. Cette formation présente quelques analogies de position et de nature avec la formation de grès décrite au chapitre 1[er]; ainsi sa position, par rapport aux roches primitives, est entièrement la même que celle des grès précédents, avec lesquels ils paraissent d'ailleurs se lier vers le moulin de Vaysse; ainsi encore les grès moyens ressemblent à certains grès du terrain d'arkose, et les grès ferrugineux qu'on observe à Merdialou sont de même aspect et composition que les grès de la Capelle-Ségalar; la formation de Carmeaux diffère d'ailleurs par tant d'autres caractères de celle du grès bigarré que nous avons considéré jusqu'ici, qu'il nous paraît impossible de l'y réunir.

Et d'abord le terrain d'arkose, qui vient de Monestiès à Vaysse, paraît bien en effet au premier aspect se rattacher au grès de Carmeaux; mais si on observe plus attentivement l'un et l'autre, on voit que le premier plonge de 15° au S.-O., et le second de 20° au N.-E. Ces deux grès offrent donc ici des pentes inverses, comme si une pointe primitive cachée sous le tertiaire les séparait.

Ensuite les grès de Carmeaux sont généralement moins siliceux que ceux de Monestiès, ils n'offrent point le grand nombre de variétés de ces derniers,

et ne contiennent nulle part de baryte sulfatée ; les argiles schisteuses ne sont non plus jamais marneuses comme plusieurs de celles de Monestiès ; elles tiennent beaucoup d'empreintes qui toutes se rapportent au grès houiller, et renferment en outre des couches puissantes de ce combustible, qui viennent affleurer au jour, tandis qu'on n'en a encore observé aucune dans les autres grès.

Toutes ces raisons nous portent en conséquence à ranger les grès de Carmeaux dans la classe des grès houillers les plus anciens.

CHAPITRE III.

Du terrain de grès des environs de Réalmont.

La limite des roches primitives, que nous avons suivie jusqu'à Arthès, se continue au S.-E., en passant environ par Mouziès et la Fenasse. Dans cet intervalle elle est généralement recouverte de terrain tertiaire, comme au-dessus d'Arthès. Sur quelques points elle présente cependant, comme vers Fauch, de petits dépôts isolés, peu étendus, de roches arénacées, tandis que près de Réalmont, un terrain de grès de même nature forme un dépôt plus considérable, qui a donné lieu à quelques recherches de houille, et que par cette raison nous devons décrire en détail.

Aux environs de Réalmont on voit le terrain primitif non-seulement constituer le sol des communes de la Fenasse et de Saint-Lieux, mais ressortir encore sur quelques points dans les vallées du Blimat et du Dadou. Ce terrain se compose d'ailleurs de gneiss à Saint-Lieux, de granite et

porphyre à la Fenasse, de schistes talqueux dans le vallon de Blimat, enfin d'amphibolites près le Cayla. Le terrain de grès occupe toute la plaine depuis Rayssac jusqu'au Cayla, et se prolonge au nord dans le vallon de Blimat jusqu'au delà de Bellegarde. Il se compose:

1° Inférieurement, de couches alternatives de poudingues et argiles schisteuses noires. Le poudingue est grisâtre ou rougeâtre, formé de galets de quartz et de fragments de schistes talqueux ou micacés, empâtés par un ciment de grès fin argilo-quartzo-micacé, de couleur grise ou rouge. Ce poudingue forme des bancs puissants de $0^{m},50$ à 1 mètre : il tient des nids et veinules de magnésite compacte blanche, ainsi que quelques galets de calcaire marneux compacte grisâtre.

L'argile schisteuse, en couches de 1 à 3 mètres d'épaisseur, est accompagnée de veinules de houille de $\frac{1}{4}$ pouce à 1 pouce d'épaisseur, ainsi que de rognons de fer oxidé brun, géodique, dont les cavités sont remplies de marnes terreuses cendrées, elle contient en outre quelques empreintes rares de fougères et de roseaux.

2° Supérieurement, de couches alternatives de grès psammitiques et marnes schisteuses.

Le grès psammitique, de composition argilo-quartzo-micacée, de texture fine et serrée, est de couleur rougeâtre. Il forme des bancs de $0^{m},60$ à 1 mètre d'épaisseur que l'on exploite pour les constructions. La marne schisteuse est de couleur rouge ou verte, toujours douce et onctueuse au toucher; l'épaisseur de ses couches varie de un à plusieurs mètres.

De tous les caractères qui viennent d'être exposés, il résulte que la formation de grès des envi-

rons de Réalmont, identiquement la même que celle des environs de Monestiès, appartient comme celle-ci au terrain de grès bigarré.

La présence dans le grès de cette contrée de veinules de houille et d'empreintes de fougères, l'ayant fait rapporter à tort au grès houiller, M. de Solages fit, dès l'an 4, approfondir sur lui quatre puits de recherches qui n'eurent aucun succès. En 1832 une société fit faire sur les mêmes points deux sondages qui n'ont pas conduit à de meilleurs résultats.

Le premier sondage, placé sur les couches de grès et argiles schisteuses, en couches inclinées de 40° au S.-O., qui reposent sur les roches primitives de Blimat, fut poussé jusqu'à 102 mètres; il fut commencé le 27 décembre 1831, et achevé le 22 mai 1832. Il traversa les couches suivantes :

	mètres.
Terre végétale.	2,00
Grès gris.	10,40
Id. mél. d'un peu de schiste noirâtre.	1,66
Grès gris.	1,66
Schiste grisâtre.	4,00
Grès gris	4,00
Grès rougeâtre	7,33
Grès gris.	7,00
Argile verdâtre..	1,66
Grès gris	4,66
Argile verdâtre.	6,00
Grès grisâtre.	3,30
Argile verdâtre.	2,29
Grès gris très-dur.	4,00
Grès gris foncé.	1,99
Id. très-dur.	2,00
Grès ocreux jaune.	0,40
Argile verdâtre.	2,39
A reporter.	65,57

Report	65,57
Grès gris	7,50
Argile verdâtre	2,00
Grès gris	2,00
Schiste gris très-foncé	1,70
Grès gris	12,66
Grès ocreux	1,33
Grès gris très-dur	8,15
Argile verdâtre	1,40
	102,31

Le 2e sondage fut placé près le moulin du Cayla, et sur les couches de grès psammitiques qui inclinent de 15° au sud, et s'appuient sur les roches d'amphibolites de la rive droite du Dadou. Celui-ci fut foncé jusqu'à 109 mètres; il fut commencé le 21 juillet 1832, et achevé le 27 novembre suivant; voici la succession des couches qu'il a traversées :

	mètres.
Terre végétale. } Cailloux roulés. }	3,80
Grès rougeâtre	2,60
Argile schisteuse grise	3,90
Id. noire mêlée d'un peu de ho.	2,35
Grès gris	6,33
Schiste gris noirâtre	7,05
Argile verdâtre	7,75
Grès rouge	7,00
Argile verdâtre	7,60
Grès rouge	2,35
Grès gris	4,70
Schiste gris	1,15
Schiste noirâtre	2,30
Grès gris	4,66
Argile verdâtre	2,33
Grès rouge	10,70
Argile verdâtre	1,20
A reporter	76,77

Report.	76,77
Grès rouge	12,50
Argile verdâtre	10,80
Grès rouge.	2,45
Argile verdâtre.	0,70
Grès rouge.	5,30
	109,52

SECTION II.

Description des mines de houille de Carmeaux et des travaux de recherche exécutés sur les grès environnants.

CHAPITRE Ier.

Description des mines de Carmeaux.

§ I. Exposition des procédés généraux d'exploitation suivis à Carmeaux.

Les mines de Carmeaux, dont les couches venaient sortir au jour, durent être dans le principe exploitées par les propriétaires du sol. Ce ne fut que plus tard que les travaux devenant plus profonds et plus dispendieux, furent entrepris au compte de M. de Solages, qui en obtint une concession le 12 septembre 1752, laquelle fut successivement prorogée en 1767 et 1782, puis sa durée fixée jusqu'au 9 messidor de l'an 49, par un arrêté du 27 pluviôse an 9, rendu en vertu de la loi du 28 juillet 1791. Ce décret fixa à cette concession une étendue de 88 kilomètres carrés, et la limita par une suite de lignes droites joignant Trévien, le Masvers, le moulin bas, Pousonnac, la Guimarié, Saint-Jean-le-Froid, Saint-Hippolyte, le

confluent du ruisseau de Césel dans le Cérou, et Trévien, point de départ. Enfin, aux termes de l'article 51 de la loi du 21 avril 1810, cette dernière concession devint perpétuelle, et M. de Solages est depuis lors propriétaire incommutable des mines comprises dans ce périmètre.

Les premiers travaux réguliers furent faits à la fosse des Flamands ou de Montalbo, commencée en 1749. Depuis, huit fosses ont été successivement ouvertes, sur lesquelles nous donnerons plus loin quelques détails; enfin aujourd'hui deux sont encore en exploitation, ce sont celles du Ravin et du nouveau Castillan.

Voici les procédés d'exploitation qui y sont suivis :

1° On atteint les couches par des puits rectangulaires que l'on cuvelle dans toute la partie qui traverse le terrain tertiaire ou d'alluvion, et que l'on boise à l'ordinaire dans les parties peu solides du terrain houiller. Le prix du foncement du mètre courant dans le grès houiller varie de 70 à 80 francs.

Le cuvelage, destiné à garantir des eaux contenues dans les couches supérieures, est appuyé sur le grès, formé de madriers de 15 à 18 pouces d'équarrissage réunis à triple entaille, et lié aux parois par un mur en béton. Le nouveau puits des Acacias, cuvelé ainsi sur 20 mètres de profondeur, a coûté 3.807f,60 ou 184f,83 le mètre courant, savoir :

---

(1) M. Chassignet, directeur des mines de Carmeaux, qu'il conduit avec beaucoup d'habileté, a mis une extrême obligeance à me fournir tous les renseignements dont j'avais besoin.

Pour 1.528 pieds cubes de bois à 1f,50.	2.292f,00
Façon et pose du bois à 42 fr. la toise.	434,00
726 quintaux de chaux pour béton, à 0f,60. .	435,60
Main-d'œuvre pour mettre cette chaux en place.	646,00
	3.807f,60

2° On recherche le prolongement des couches interrompues par des crains, au moyen de galeries menées à travers ces failles, et on va à la rencontre de nouvelles couches par des galeries à travers bancs. Ces diverses galeries de recherche sont faites à la poudre et à la toise. Elles coûtent ordinairement 16 fr. la toise dans du schiste tendre mêlé de houille, 25 fr. dans du schiste dur, 40 fr. dans le grès tendre et 50 fr. dans le grès dur.

3° On prépare l'exploitation de chaque couche par deux systèmes de galeries établies à 20 mètres de distance, les unes suivant la direction, et les autres suivant la pente. On divise ainsi le champ d'extraction en massifs ou piliers qu'on vient exploiter plus tard.

On donne ordinairement à ces galeries une largeur de 7 ½ pieds et une hauteur de 5 à 8 pieds, variable suivant l'épaisseur de la couche. On y laisse d'ailleurs toujours un peu de houille au toit pour en augmenter la solidité.

Le boisage de ces galeries est fait en cadres de bois ronds avec leur écorce. On se sert à cet effet de pièces de chêne du diamètre de 6 à 8 pouces, et du prix de 1f,50 le pied cube. Les cadres sont placés suivant le besoin, à des distances de 1 mèt. à 0m,25, ou même sont posés contigus. Quelquefois on entretient ces galeries, d'autres fois on les laisse s'ébouler. On a depuis quelques années essayé d'employer le bois d'acacias; on a observé

qu'il résistait fort bien, qu'il durait beaucoup plus longtemps que le chêne, et était encore très-sain à l'intérieur alors que celui-ci était déjà pourri.

4° On exploite les massifs de 20 mètres en carré qui ont été préparés sur les diverses couches, en les recoupant en piliers de 2 à 3 mètres qu'on enlève ensuite, en reculant et laissant faire les éboulements. De cette manière on enlève toute la houille de chaque couche.

Le découpement de la houille se fait par trois entailles de $0^m,16$ de largeur sur $0^m,60$ à 1 m. de profondeur, savoir, deux sur les côtés et une au fond. L'abattage s'opère ensuite par 2 à 3 coups de mine.

On fait à Carmeaux plusieurs étages de travaux sur les diverses couches, et on a soin de les tenir en connexion régulière, ou de faire que les pleins et les vides se correspondent exactement. Souvent aussi les travaux d'un même étage sont menés successivement sur différentes couches par le moyen de galeries horizontales qui traversent l'entre-deux.

5° Le transport intérieur de la houille abattue, des chantiers au puits d'extraction, s'est fait jusqu'ici par glissement dans des bennes du contenu de 1 $\frac{1}{4}$ hectolitre, qui portaient des semelles de fer traînant sur des bois placés transversalement dans les galeries; les traîneurs conduisaient ces bennes dans les galeries horizontales, au moyen de bricoles passées sur leurs épaules, et les faisaient descendre dans les galeries inclinées au moyen de treuils. On voit encore ce mode de roulage exécuté à la mine de Castillan; mais il sera bientôt remplacé partout par le roulage sur des chemins de fer, ainsi que cela se pratique maintenant à la mine du Ravin.

Ces chemins sont formés de deux lignes de barres de fer laminé, d'environ 3 pouces de large et 4 à 5 lignes d'épaisseur, placées de champ à la distance de 0m,80, dans des entailles faites sur des traverses de bois carrées, posées sur le sol à 0m,50 les unes des autres. Ces barres sont consolidées dans les entailles au moyen de tasseaux que l'on serre fortement.

Ces chemins présentent, comme les galeries, des parties horizontales et des parties inclinées. Dans les parties horizontales, ils sont à une voie avec relais de 40 à 50 toises; dans les parties inclinées, ils sont à double voie formée de 3 ou 4 rails.

Les chars sont composés d'un train à deux essieux fixes et à quatre roues en fonte mobiles, et d'une caisse en bois, évasée à la partie supérieure, rétrécie vers le fond, et fermant sur sa face de derrière par une porte mobile, qui permet en s'enlevant de vider facilement le contenu de la caisse.

Dans les tournants un peu courts, on facilite la marche du char en élevant l'un des rails un peu plus que l'autre. Les chars du contenu de 5 à 6 hectolitres sont chargés par les bennes, amenées des chantiers aux galeries principales, puis roulés par un homme jusqu'aux plans inclinés, descendus à l'aide d'un treuil à frein manœuvré par un homme, puis repris par les rouleurs et conduits au puits, où ils sont vidés et la houille rechargée à la pelle dans des tonnes de la même capacité. Les tonnes sont élevées au jour, soit à l'aide de machines à molettes, soit au moyen de machines à vapeur.

La machine à vapeur du Ravin est une machine d'Edwards à double cylindre et tiroirs, laquelle

travaille à la pression de deux atmosphères, et est de la force de 10 chevaux. Elle meut, au moyen d'une roue en fonte qui engraine sur une roue en bois, le tambour horizontal et conique, sur lequel s'enroulent les câbles qui portent les tonnes.

Cette machine consomme 6 hectolit. de houille par jour, et élève de la profondeur de 120 mètres une benne de 6 $\frac{1}{2}$ hectolitres en 5 $\frac{1}{2}$ minutes; il faut en outre 1 $\frac{1}{2}$ minute pour le chargement et le déchargement; le temps d'une révolution complète est donc de 7 minutes.

L'eau nécessaire à cette machine est fournie par le ruisseau du Ravin, et est retenue dans trois bassins consécutifs où elle est constamment reversée. Toutes les pertes se rendent dans un bassin particulier, où elles sont reprises par deux pompes qui les ramènent dans les bassins ci-dessus. Quand l'eau du ruisseau manque, on prend celle du Cerou au moyen de pompes mues par un manége, et de tuyaux de conduite en fonte.

La machine à vapeur du Castillan est ancienne, à un seul cylindre et à basse pression; elle est de la force de 8 chevaux, consomme 10 à 12 hectolitres par jour, et meut un tambour vertical en double cône. Elle élève du niveau de 200 mètres la benne de 6 hectolitres en 7 minutes; il faut en outre 1 $\frac{1}{2}$ minute pour charger et décharger, et $\frac{1}{2}$ pour remettre en train : le temps d'une révolution complète est donc ici de 9 minutes. Cette machine prend l'eau d'un bassin qu'alimentent les pompes du puits du Coteau.

Les machines à molettes sont construites avec soin et toujours garnies de frein. Le tambour est vertical et formé d'un double cône tronqué, dont les diamètres sont de 6 et 8 mètr.; le diamètre du

manége est de 10 mètres. Les hangars qui abritent ces machines sont de forme simple et peu dispendieuse; ils consistent en une charpente légère, portée par des colonnes en maçonnerie, et recouverte de paille.

Les ouvriers sont classés à Carmeaux de la manière suivante :

1° Les *piqueurs*. Ils entrent dans la mine à midi, doivent faire les entailles et boiser au fur et à mesure de l'avancement. Ils sont payés à la toise d'avancement, et reçoivent de 10 à 15 francs;

2° Les *mineurs*. Ils entrent à 8 heures du soir, doivent abattre en entier la houille de 4 chantiers et débarrasser ces chantiers; ils sont payés à raison de 1f,25 par journée;

3° Les *rouleurs*. Ils arrivent à 4 heures du matin et conduisent la houille aux places d'accrochage. Ils sont payés à la journée et reçoivent de 0f,75 à 1f,25 suivant leur force. Ils doivent rouler 50 bennes par jour;

4° Enfin les ouvriers divers employés à l'extraction et au mesurage des houilles, aux machines et autres travaux. Ces derniers sont payés à la journée et au prix de 1f,25 généralement.

On compte en ce moment 110 ouvriers à la mine de Castillan, et autant à celle du Ravin, savoir :

	Castillan.	Ravin.
Piqueurs.	16	16
Mineurs à la houille.	4	6
Mineurs au rocher.	4	10
Rouleurs.	56	60
Extracteurs ou molineurs. . .	8	8
Mesureurs.	4	4
Machinistes.	2	1
Divers.	16	5
	110	110

On extrait journellement de la mine de Castillan 50 bennes ou 300 hect. de houille, et de la mine du Ravin 60 bennes = 360 hect.; total 660 hect. L'extraction annuelle des deux mines ensemble s'élève de 180 à 200.000 hectolitres, qui reviennent moyennement sur l'établissement au prix de 0f,65 l'hectolitre, savoir :

Pour l'extraction proprement dite.	0f,40	0f,65
Pour frais divers.	0 ,25	

La houille de Carmeaux qui, dans la mine, fait environ $\frac{2}{3}$ gros et $\frac{1}{3}$ menu, se réduit au jour à $\frac{1}{2}$ de chaque espèce; on n'y fait d'ailleurs qu'une qualité de houille tout venant que l'on vend au prix de 2 fr. à Carmeaux, et aux prix de 1f,75 à 1f,50 sur les autres points de consommation. On calcule que le prix moyen de vente est de 1f,65. Les débouchés sont à peu près comme il suit :

Les environs.	15.000 hect.
Saint-Juéry.	35.000
Gaillac, pour tout le littoral du Tarn et de la Garonne jusqu'à Aiguillon.	70.000
Toulouse.	45.000
Castres et la Montagne Noire.	35.000

Les frais de transport par hectolitre sont les suivants :

1° A Saint-Juéry.	0f,50
2° A Gaillac, par terre.	0 ,75
3° A Toulouse, par terre.	1 ,60
4° A Castres, par terre.	1 ,50

Port par eau :

De Gaillac à Montauban.	0f,50
à Moissac.	0 ,75
— à Bordeaux.	1 ,20

Les houilles de Carmeaux, revenant au moins à 4 fr. à Bordeaux, ne peuvent y soutenir la concurrence des houilles du Nord qui s'y donnent à 2f,70.

Voici enfin la composition des deux variétés de houille actuellement exploitées à Carmeaux.

1° *Houille du* Ravin, *couche dite la Grande-Veine.*

Cette houille n'est lamelleuse que dans un sens, et ses lamelles se séparent difficilement. Perpendiculairement à leur plan, sa cassure est esquilleuse et fortement irisée. Elle est assez difficile à enflammer; sa flamme est courte, peu éclatante, et n'est pas accompagnée d'odeur sulfureuse sensible. Elle se ramollit et éprouve un boursouflement considérable par l'action de la chaleur. Calcinée avec soin dans un creuset de platine, recouvert de charbon et placé dans un creuset de terre, elle a produit 0,734 de coke. Ce coke est boursouflé, réuni en une seule masse, d'un gris de fer et d'un éclat métallique.

La houille donne 0,059 de cendres. Elles sont d'un blanc légèrement grisâtre. L'incinération a été faite sur un kilogramme, et les cendres calcinées par petites portions jusqu'au rouge blanc, afin de décomposer complétement le carbonate de chaux. A cette température elles se ramollissent et se frittent. Ces cendres, analysées par les procédés ordinaires, ont été trouvées composées de la manière suivante :

Chaux.	0,010		
Magnésie.	0,010		
Sulfate de chaux. .	0,002		
Peroxide de fer. . .	0,096		
Argile.	0,872	Silice. . .	0,480
		Alumine. .	0,392
	0,990		

Le silicate d'alumine, qui forme près des $\frac{9}{10}$ de ces cendres, peut être représenté par la formule



$$Al^3\,Si^4 = \dot{\dot{\dot{A}}}l^3\,\dot{\dot{\dot{S}}}i^4.$$

On a recherché la quantité de pyrite contenue dans la houille, en attaquant directement par l'eau régale; elle a ainsi été trouvée égale à 0,003.

Le pouvoir calorifique a été essayé au moyen de la litharge. Le culot de plomb, déduction faite de la quantité réduite par la pyrite, pesait 28gr.,16; ce qui correspond à 0,819 charbon. Or la carbonisation ne donne en charbon que 0,675. Le pouvoir calorifique des matières volatiles est donc équivalent à celui de 0,144 de charbon.

2° *Houille du* Castillan, *couche inférieure à la Grande-Veine.*

Elle est compacte, présentant seulement des indices de lamelles; sa cassure est généralement raboteuse, quelquefois conchoïde; elle s'enflamme aisément, et brûle avec une flamme longue et brillante.

Elle a donné 0,757 de coke.

Son incinération a produit 0,043 de cendres calcinées. Elles sont également blanches, et se ramollissent au rouge blanc. Leur analyse a donné les résultats suivants :

Chaux.	0,010
Magnésie.	0,006
Peroxide de fer.	0,082
Argile.	0,890
	0,988

La composition atomique de cette argile est la même que celle de l'argile de la houille du Ravin.

L'attaque immédiate à l'eau régale n'a pas donné d'indices de soufre.

Sous le rapport du pouvoir calorifique, cette houille représente 0,777 de charbon. Le pouvoir réductif des matières volatiles équivaut donc à celui de 0,163 de charbon.

§ II. Examen des diverses couches exploitables du bassin de Carmeaux et des diverses fosses d'extraction qui ont été approfondies sur elles.

Les couches exploitables reconnues dans le bassin de Carmeaux, et sur lesquelles ont été ouvertes les diverses fosses, sont au nombre de 4; ces couches sont, en commençant par celles placées près de la surface :

1° La couche A, puissante de 2 mètres, et composée d'une houille de très-bonne qualité.

Celle-ci a été exploitée anciennement par les deux fosses de Montalbo et du Jardin, placées à peu près sur la ligne de direction. Les travaux de Montalbo ont duré de 1749 à 1758, et ont été abandonnés pour cause d'éboulements. Ceux du Jardin ont duré de 1757 à 1769, et ont dû être quittés à la suite d'un incendie occasionné par imprudence, et qui n'a pu être éteint qu'en noyant la mine par les eaux du ruisseau de Merdialou.

On avait encore, vers cette époque, approfondi sur la même couche le puits du Grandpré; mais

le cuvelage en ayant été mal fait, et l'argile schisteuse pourrie, sur laquelle il était foncé, donnant beaucoup trop d'eau, on n'a pu s'en servir.

Enfin cette même couche A a été traversée par le puits Candou, exploitée à 30 mètres de profondeur dans le puits du Ravin par le St.-Fenouillet, et rencontrée au niveau de 23 mètres par le puits Castillan; ici elle est posée entre le grès et les terrains de transport et cachée aujourd'hui dans le cuvelage.

2° La couche B est au Coteau, séparée de 30 m. de la précédente; elle a 2^m,66 de puissance, et est composée d'une houille nerveuse. On a commencé de l'exploiter vers le mois de frimaire an 11, et on a fait sur elle des travaux étendus.

Cette même couche a été rencontrée au puits du nouveau Castillan; là elle est distante de 48 mètres de la couche A, et a une puissance de 4 mètres; on n'y a fait sur ce point encore aucuns travaux. Enfin elle a été traversée aussi par les puits du Candou et de Falgayrac, mais s'y trouvait trop près de la surface et trop altérée pour pouvoir être exploitée.

3° La couche C, dite Grande-Veine, a été exploitée anciennement aux fosses de Candou, de Falgayrac et du Coteau. On a fait sur elle de grands travaux aux mines de l'Ecuelle; on commence enfin de l'attaquer par le puits Castillan.

Dans la partie de Falgayrac et de Candou, cette couche se compose de deux veines de 1^m,66 d'épaisseur chacune, et qui sont séparées l'une de l'autre par 2^m,60 de schistes. On l'a exploitée ici de 1771 à 1785 par la fosse Candou, puis de 1785 à 1789 par la fosse Falgayrac, que l'on avait fait communiquer à la première, dont on ne s'est

plus alors servi que comme fosse d'épuisement.

Au Coteau, cette couche séparée par 45 mètres de grès de la couche B, n'a que 4 mètres de puissance sur lesquels il ne se trouve que 2^m,33 d'exploitable vers la partie inférieure. On a extrait de cette veine jusque vers 1826.

La mine de l'Ecuelle se compose des travaux de la galerie du Bois et de ceux du Ravin, autrefois séparés, et maintenant réunis par une descenderie.

Dans la galerie du Bois, la grande couche est divisée en deux veines; l'inférieure épaisse de deux mètres, exploitée par les anciens, et la supérieure, puissante de 3 mètres et séparée de la précédente par 10 mètres de schiste houiller. C'est dans cette dernière qu'ont été faits tous les travaux qui s'étendent principalement sur la gauche, disposés en massifs de 20 mètres suivant la méthode ordinaire. Ici une galerie de traverse, poussée jusqu'au jour, servait de galerie d'écoulement, et activait encore au moyen d'une cheminée l'airage qui se fait maintenant par le puits du Ravin. L'exploitation est nulle en ce moment; on va bientôt la reprendre; on y exploitera sur une largeur et une hauteur de 2^m,33, moyennant 14 à 16 fr. la toise.

Dans la partie du puits du Ravin, mis en exploitation en 1806, la grande couche présente généralement 3 veines distinctes, sur chacune desquelles ont été établis des étages différents de travaux; la veine inférieure a 2 m. de puissance, la veine moyenne 2 m. et la veine supérieure 3 m.; l'intervalle qui sépare la première de la deuxième est d'environ 2^m,33, tandis que celui qui sépare la deuxième de la troisième varie de 8 à 15 mètres.

Les travaux de la veine supérieure, interrompus depuis deux ans, furent les premiers entrepris; pendant qu'on continuait à foncer le puits du Ravin, on les fit communiquer avec les travaux de la veine moyenne par un petit puits particulier qu'on a bouché depuis, ainsi que par plusieurs galeries qui passent d'une couche à l'autre, et dont quelques-unes servent à les visiter. Le dépilement est opéré dans quelques parties de ce premier étage; dans d'autres les travaux sont seulement préparés, mais les galeries n'y sont pas entretenues.

Les travaux de la couche moyenne sont les seuls qui soient poussés maintenant avec activité. On cherche en ce moment à arriver à la veine inférieure, qui près du puits n'a donné encore lieu qu'à des travaux fort peu étendus.

La couche C a été traversée par le puits du nouveau Castillan à la profondeur de 120 mètres. Elle se compose en ce point de deux veines puissantes chacune de 2 mètres, séparées entre elles par 1^{m},33 de schiste houiller. La houille lamelleuse qu'elle fournit est mélangée de veines et rognons de grès ferrifère, ainsi que de nerfs d'argile schisteuse; par suite sa qualité n'est pas des meilleures. Depuis deux ans on fait sur la veine inférieure des travaux préparatoires qui s'étendent maintenant à 80 mètres environ au nord du puits, et que l'on continue pendant que du fond de ce même puits, on mène de la couche inférieure D une galerie à travers bancs, qui doit atteindre la grande couche C, et permettre de l'exploiter à ce niveau au moyen de chemins en fer.

4° La couche inférieure D a été anciennement

exploitée aux fosses Toulze, Cleuzel et vieux Castillan.

A la fosse Toulze l'exploitation a duré de 1789 à 1794; la veine avait de $1^m,33$ à 2 mètr. d'épaisseur; les travaux furent noyés par les eaux que donna une faille qui borne ces travaux au couchant.

La fosse Cleuzel fut commencée illicitement en 1792, remise au concessionnaire par arrêté du comité de salut public du 19 frimaire an 3, et abandonnée le 7 nivôse an 8; la couche y avait 2 mètres.

Enfin la fosse du vieux Castillan, ouverte dans les premiers jours de frimaire an 3, fut remise en exploitation au mois de vendémiaire an 5, et abandonnée le 12 vendémiaire an 12. La couche avait $2^m,33$ d'épaisseur.

Au puits du Ravin cette même couche D, rencontrée au niveau de 150 mètres avec une puissance de 2 mèt., fut mise en exploitation en 1806 et continuée jusqu'en août 1816.

Enfin elle a aussi été exploitée par le puits du nouveau Castillan depuis 1825 jusqu'à ce jour. On l'y a maintenant presque entièrement épuisée dans cette partie, et c'est pour cette raison qu'on dirige à travers bancs une galerie vers la couche supérieure C. La couche D, profonde de 180 mètres, donne au nouveau Castillan une houille compacte, brillante et pure, de qualité supérieure à celle de la couche C. Ce puits a été foncé jusqu'au niveau de 260 mètres; on a fait ensuite un trou de sonde qui a traversé 40 mètres d'argile schisteuse noire, dans laquelle on n'a trouvé qu'une seule veine de houille de $0^m,60$ de puissance.

Quelques travaux peu importants ont encore

été faits aux fosses Merdialou et Puellor, sur lesquelles nous n'avons pu nous procurer aucuns renseignements. Enfin on ouvre en ce moment les deux nouvelles fosses de la Grillatié et des Acacias, pour l'exploitation de la suite des couches du Coteau et du nouveau Castillan.

Le plan du bassin de Carmeaux indique la position des diverses fosses que nous venons de considérer, leurs hauteurs relatives par rapport à la galerie du Bois, dont le niveau a été pris pour repère, les périmètres des travaux d'exploitation exécutés autour de chacun de ces puits ; enfin l'intersection des couches par des plans horizontaux choisis dans les limites des coupes jointes au plan. Il eût été sans doute préférable d'indiquer l'intersection de toutes ces couches par un même plan horizontal ; mais exploitées à des niveaux très-différents et sur de petites hauteurs, il eût fallu pour cela supposer qu'elles demeuraient planes sur une trop grande étendue pour ne pas craindre de tomber dans de graves erreurs. On a donc choisi cinq plans coupants :

Le 1er, pour la couche de Falgayrac, à 42 m. au-dessous de ce puits, ou à 47 mètres au-dessous du niveau de la galerie du Bois.

Le 2e, pour les couches de Toulze, Cleusel et vieux Castillan, à 75 mètres sous ce point.

Le 3e, pour la grande veine de la mine de l'Eeuelle, à 93 mètres.

Le 4e, pour les deux couches du Coteau et celle inférieure du Ravin, à 105 mètres.

Enfin le 5e, pour la couche inférieure du nouveau Castillan, à 195 mèt. au-dessous du même niveau.

L'aspect du plan du bassin de Carmeaux montre

que l'exploitation a eté jusqu'ici concentrée sur deux points principaux : 1° au nord, de la galerie du Bois au Ravin ; 2° au sud, depuis le Côteau jusqu'au village de la Tour. Les périmètres attaqués sur ces deux points s'étendent de part et d'autre du grand fond de bateau, et comprennent une étendue superficielle d'environ 1 kilom. carré. Admettant que les travaux sur lesquels nous n'avons aucuns renseignements, et les parties trop irrégulières reconnues jusqu'ici comprennent encore ½ kil., il suit que la surface totale présumée du bassin étant d'environ 3 kilom., on en aurait encore la moitié à exploiter. Le directeur de la mine calcule, d'après la connaissance qu'il a du prolongement et de la richesse des couches attaquées, qu'elles pourront encore fournir pendant 50 ans à la consommation annuelle de 200.000 hectolitres.

CHAPITRE II.

Description des travaux de recherche.

Après avoir exposé en détail les travaux d'exploitation établis sur les couches de houille de Carmeaux, il ne nous reste plus, pour terminer, qu'à faire connaître ceux de recherche entrepris en plusieurs points dans le but de découvrir la suite des mêmes couches.

Les premières recherches furent faites en 1830 aux environs de la Guépie, par une société de capitalistes de Castres et de Toulouse ; elles furent exécutées sur trois points différents, et consistèrent en puits et galeries, et en sondages.

Les recherches par puits et galeries furent faites entre Puechmignon et la Guépie sur les affleurements d'une couche d'argile schisteuse avec veinules de houille et fougères. On suivit d'abord cette couche horizontalement par une galerie d'allongement de 20 mètres de longueur, puis de l'extrémité on mena sur elle une galerie de pente ou descenderie d'environ même longueur. Ayant d'ailleurs observé qu'à ces niveaux supérieurs la couche était fort irrégulière et très-brouillée, on résolut de la recouper à une plus grande profondeur; on commença dans ce but, à 76 mèt. vers l'ouest, un puits qui devait la rencontrer à peu près à cette même distance verticale, mais qui, arrêté à 33 m., ne décida rien; il recoupa seulement plusieurs bancs de grès grisâtre divisés entre eux par de l'argile verdâtre, ainsi qu'un banc d'argile schisteuse noire, mélangée de houille semblable à celle de la galerie. Son abandon paraît d'ailleurs avoir été occasionné par le peu d'accord existant entre les différents membres de la société d'exploration.

Les recherches par sondages furent faites près des villages de Roumagnac et de la Descarié.

Les environs de Roumagnac sont formés d'un terrain de grès vosgien, dans lequel on observe quelques bancs d'argile schisteuse noire, avec mélange de quelques petites veinules de houille. Cette contrée, éloignée du terrain primitif et très-voisine des recouvrements tertiaires, semblait peu convenir à des recherches de houille, mais il n'est point étonnant qu'on y en ait entrepris quand les statistiques du pays indiquaient depuis longtemps ce genre de combustible dans les environs. Quoi qu'il en soit, un sondage fut commencé le

12 mars et achevé le 20 juin 1830; il fut poussé jusqu'à 90 mètres, et rencontra la succession des couches suivantes, dans lesquelles on remarquera beaucoup plus d'argile que de grès, ainsi que cela est ordinaire aux parties supérieures du grès bigarré.

	mètres.
Argile schisteuse........	9,66
Pyrites............	0,66
Argile schisteuse.......	6,50
Grès..............	0,66
Argile schisteuse......	1,00
Grès..............	1,00
Argile schisteuse houillée..	0,40
Argile.............	1,33
Grès..............	2,33
Argile.............	6,50
Schiste argileux dur....	5,15
Houille............	0,03
Grès..............	1,40
Argile rougeâtre.......	4,00
Grès..............	1,00
Argile grise.........	3,40
Grès..............	1,00
Argile schisteuse......	1,70
Roche calcaire........	2,00
Argile grisâtre........	4,30
Grès..............	0,66
Argile grise.........	1,15
Argile rougeâtre......	2,66
Argile grise.........	2,15
Grès..............	0,50
Argile grise.........	0,60
Grès..............	2,80
Argile grise.........	0,60
Grès..............	11,35
Calcaire...........	1,00
Argile grise.........	8,40
Calcaire...........	0,30
Argile grise	1,95
Argile rougeâtre.......	1,90
	90,04

Aux environs de la Descarié, au point où la grande route de la Guépie à Cordes traverse le vallon d'Aymer, on observe du côté droit ou occidental une coupure de 5 mètres environ de hauteur, faite dans le terrain; laquelle a mis à nu un banc d'argile schisteuse noire, inclinée de 20° au sud, avec veine de $0^{m},40$ d'épaisseur de fer carbonaté argileux, et quelques impressions de roseaux. Ce point paraissant devoir donner les plus grandes espérances, on y fonça un puits de 28 mètres, qui traversa sur cette hauteur deux couches d'argile schisteuse noire sans houille; un sondage fut ensuite foncé au bas de ce puits, du 3 août 1830 au 29 mai 1831. Il fut poussé jusqu'à la profondeur de 147 mètres, sans sortir des grès bigarrés, ni faire connaître aucune couche de houille. Voici la succession des roches traversées par le puits et le sondage:

	mètres.
Terre végétale.	28,00
Grès gris.	
Argile schisteuse noire. . .	
Grès rouge.	
Argile verte..	
Grès gris.	
Argile schisteuse noire. . .	
Grès rouge.	
Argile verte	
Grès..	8,16
Argile schisteuse..	1,00
Grès.	3,80
Argile schisteuse.	3,40
Grès..	3,60
Argile schisteuse..	5,60
Grès..	0,20
Argile schisteuse rougeâtre.	12,70
A reporter.	66,46

Report.	66,46
Grès.	0,66
Argile schisteuse rougeâtre.	1,60
Grès.	0,60
Argile schisteuse rouge. . .	1,15
Grès.	1,40
Argile schisteuse rouge. . .	1,10
Grès.	2,70
Argile schisteuse rouge. . .	0,80
Grès.	2,60
Argile schisteuse rouge. . .	2,80
Grès.	0,08
Argile schisteuse rouge. . .	2,00
Grès.	7,05
Argile schisteuse rouge. . .	1,00
Arg. *id.* mélangée de quelques couches blanches. .	3,50
Grès.	0,50
Argile schisteuse grise. . . .	0,76
Grès très-dur.	1,16
Marne argil. mél. de gris. .	1,66
Grès.	0,12
Argile schisteuse rouge. . .	4,50
Grès.	1,72
Argile grise.	1,50
Argile noirâtre.	2,00
Argile grise.	0,80
Grès.	1,50
Argile schisteuse grise. . . .	3,75
Argile noirâtre.	2,00
Arg. schist. mélang. de gris.	3,15
Grès.	1,12
Arg. schisteuse grise mélangée de grès.	0,30
Argile schisteuse noirâtre. .	0,90
Argile schisteuse blanche. .	0 20
Grès.	0,50
Argile schisteuse grise. . . .	0,20
Marne argileuse.	0,76
Grès.	1,60
Grès rougeâtre.	0,60
A reporter.	120,20

Report.	126,20
Grès.	0,50
Argile schisteuse grise.	1,20
Grès très-dur.	0,30
Argile schisteuse rouge mélangée de grès.	1,00
Grès.	3,50
Argile schisteuse mélangée de grès blanc.	1,55
Grès.	1,76
Argile schisteuse grise mélangée de grès.	0,30
Grès.	0,45
Argile schisteuse grise.	1,60
Id. mélangée de grès.	0,25
Grès.	0,70
Marne argileuse.	0,95
Grès blanc.	0,86
Argile schisteuse.	0,65
Marne schisteuse.	1,25
Grès.	3,15
Grès quartzeux.	0,90
	147,07

En 1831 et 1832 la même société fit faire de nouvelles recherches de houille aux environs de Réalmont, où déjà anciennement quelques puits avaient été foncés dans le même but. Celles-ci consistèrent en deux sondages exécutés, l'un dans le vallon de Blimat et l'autre dans celui du Dadou. Tous deux furent conduits à plus de 100 mètres de profondeur. Nous avons fait connaître au chapitre 3 de la 1re section les différentes couches rencontrées, et dont aucune ne contenait de houille.

En 1833, les ingénieurs des ponts et chaussées du Tarn faisant percer la route départementale de Monestiès à Cordes, mirent à nu, dans les grès de la Bastidette, des nodules et veines de houille qui engagèrent MM. Mercadier, de Mo-

nestiès, et Cordurier, de Salverdonde, à entreprendre de concert quelques recherches sur ce point. Ils décidèrent de faire ces recherches par puits, et de placer celui-ci sur la couche d'argile schisteuse, qui se montrait à mi-côte entre les grès houillers de la route et le conglomérat grossier du Château. Le point qu'ils choisirent se trouvant très-près du terrain primitif, il semblait qu'ils auraient dû être bientôt arrêtés par lui. Les voici cependant arrivés à la profondeur de 133 m., et ils sont toujours dans la formation des grès bigarrés.

Le puits de la Bastidette a 2m,33 de longueur sur 1m,66 de large; commencé en janvier 1834, il avait au 1er février 1835 une profondeur de 133 m. Jusqu'à 100 mètres, les déblais et les eaux ont été élevés au jour par 4 à 6 hommes, à l'aide d'un treuil à manivelles et à engrenages; depuis on a enfin substitué à ce mode fort dispendieux un manége à deux chevaux. Voici la succession des couches traversées sur ce point :

Terre végétale.	6 mètres.
Argile schisteuse pure..	16
Même argile avec veinules et rognons de pyrites..	6
Argile avec nids de houille. .	6
Arg. schisteuse noire très-dure.	18
Grès fin impressionné.	1
Argile schisteuse noire.	10
Argile schisteuse noire et dure.	16
Argile schist. noire et tendre. . .	4
Poudingue.	4
Grès fin micacé.	10
Grès ordinaire.	12
Grès fin micacé très-impression.	1
A reporter.	110

Report.	110
Argile schisteuse.	2
Grès gris.	20
Argile schisteuse noire avec veine de 2 po. de houille. .	4
	136

Enfin au mois de juillet 1834, la compagnie de Toulouse, qui avait déjà dépensé de fortes sommes à la recherche de la houille, considérant que les terrains explorés jusqu'à ce jour constituaient la partie inférieure du grès bigarré, c'est-à-dire la plus voisine du grès houiller qu'on pouvait espérer de trouver au-dessous, elle résolut de faire un dernier sondage qu'elle placerait non loin du terrain primitif, et qu'elle pousserait le plus bas possible, afin de tâcher de traverser la formation de grès bigarré. Le lieu de Puechmignon lui ayant paru convenir au mieux à cette dernière recherche, c'est là que ce sondage a été commencé. Il est aujourd'hui parvenu à la profondeur de 100 mètres, et a traversé les roches suivantes qui font toutes partie du grès bigarré:

	mètres.
Terre végétale. . . . . . Terrain de transport. . . . Grès gris noirâtre. . . . . Grès rouge. . . . . Schiste grisâtre (psammites).	40,00
Grès gris.	10,00
Argile schisteuse noire. . .	2,18
Grès gris.	8,43
Schiste gris.	2,54
Grès rouge.	1,58
Grès gris.	7,91
Grès schisteux.	4,53
A reporter.	77,17

Report.	77,17
Grès sch. avec tr. de charb.	5,76
Grès gris mêlé de schistes. .	1,73
Grès gris.	5,82
Grès schisteux.	0,20
Argile schisteuse tendre. .	1,90
Grès gris dur.	2,94
Grès gris mêlé de blanc. . .	2,41
Total.	97,93

Nous voyons en définitive que de nombreux travaux de recherche ont été faits au N.-O. et au S.-E. de Carmeaux, sur des grès présentant de grandes analogies avec les grès houillers de ce lieu, mais en différant par beaucoup de caractères qui doivent les faire ranger dans la formation plus récente des grès bigarrés, et nous nous expliquons ainsi pourquoi ces travaux, dont aucun n'a traversé entièrement cette formation, sont tous demeurés infructueux.

Si nous examinons d'ailleurs jusqu'à quel point il est probable que le terrain houiller de Carmeaux s'étende sous les grès bigarrés et les roches tertiaires qui l'entourent, nous verrons qu'il y a quelques raisons de croire que les choses se passent ainsi :

1° Le terrain houiller de Carmeaux ne paraît point limité de tous côtés par le terrain primitif, ainsi que quelques renseignements m'en avaient d'abord donné l'idée; et je ne sache pas qu'au S.-O. on ait observé de roches anciennes sur aucun point des travaux intérieurs.

2° Au moulin de Vaysse les arkoses succèdent immédiatement au grès houiller. Elles offrent, il est vrai, une pente inverse, qui peut provenir d'un intermédiaire de primitif, mais qui peut

tenir aussi à ce que les couches font ici une selle, ainsi que cela est si fréquent dans les mines de Carmeaux.

3° Le terrain houiller de Carmeaux paraît dans la même position que celui de Figeac; l'un et l'autre doivent avoir été mis au jour par des redressements plus forts sur ces points que sur toutes les autres parties de la lisière primitive.

Admettant que le terrain houiller n'est point circonscrit autour du bourg de Carmeaux, question que résoudrait définitivement un sondage fait sur les arkoses du moulin de Vaysse, voyons quels seraient, après toutes les recherches déjà faites, les points d'attaque les plus favorables pour découvrir la suite de ce terrain au-dessous des terrains plus nouveaux qui le recouvrent?

Le grès houiller de Carmeaux est limité au N.-O. par le terrain primitif, à l'ouest et au sud il se termine à des roches de grès bigarré et à des marnes tertiaires; à l'ouest les grès bigarrés sont explorés en ce moment à la Bastidette, point situé à la limite même de la concession de M. Solages, et ils y ont déjà une très-grande épaisseur; car un puits de 136 mètres ne les a point encore traversés. Au sud les recherches, pour être hors de la concession de Carmeaux, devraient être placées aux environs de Saint-Jean-le-Froid; mais il est évident, en raison de la grande masse de terrain tertiaire qu'on aurait ici à traverser, qu'elles ne pourraient conduire à aucun bon résultat. Au S.-E. nous avons vu que le grès houiller paraissait aller vers la Landrevié, et que dans cette direction on ne savait où ni comment il s'arrêtait sous les marnes tertiaires qui le recouvrent. Dans cette partie seulement, de nouvelles recherches nous

paraissent pouvoir être tentées; pour s'éloigner le moins possible de Carmeaux, on les placerait dans la vallée du Candou, entre Trap et la Salabertié, et comme il est probable qu'elles devraient être fort profondes pour avoir du succès, on les ferait consister en un sondage, qui, fait à l'ordinaire, et calculé sur le prix assez élevé de tous ceux exécutés jusqu'à ce jour, pourrait exiger une dépense d'environ 12 à 15.000 fr. Ce serait d'ailleurs le cas d'essayer ici le sondage chinois, qui offrirait d'autant plus d'avantage que l'on aurait à pénétrer à une grande profondeur.

NOTICE

Sur des expériences relatives à l'emploi de l'air chaud dans les forges de maréchal, exécutées à la fonderie royale de Liége;

Par M. GODELET, lieutenant dans l'artillerie belge (1).

(Extrait du Journal de l'armée belge, t. IV, n. 1, 1836.)

Les appareils employés pour chauffer le vent dans les expériences qui font l'objet de cette notice, sont de deux sortes. L'un, inventé en Angleterre par M. Taylor, est le seul employé en France, et a été décrit *Annales des mines*, 3e sér., t. 6, page 37; l'autre, inventé par M. Fabvre-Dufaur, directeur des hauts-fourneaux de Wasseralfingen (royaume de Würtemberg), a été importé en Belgique par M. le major Frédérix, directeur de la fonderie de Liége. **Appareils à chauffer l'air.**

Ce dernier appareil, qui se place verticalement et remplace le contre-cœur, consiste en une caisse en fonte de $0^m,507$ de hauteur, $0^m,418$ de largeur et $0^m,104$ d'épaisseur, divisée intérieure-

---

(1) M. le major Frédérix, directeur de la fonderie, ayant introduit différents appareils à air chaud dans les opérations sidérurgiques de l'établissement sous sa direction, a chargé M. le lieutenant d'artillerie Godelet, attaché à la fonderie, de constater les effets du vent chaud dans les forges de maréchal. La présente notice est un extrait du rapport adressé par M. Godelet, à la suite de ces expériences.

ment en 7 compartiments, qui communiquent entre eux par des ouvertures circulaires placées de telle manière que le vent, entrant dans l'appareil par la partie supérieure, soit obligé de les parcourir entièrement avant de sortir par la tuyère placée à la partie inférieure.

Pour comparer les effets de l'air, chauffé de ces deux manières, avec ceux de l'air froid, on exécuta le même travail dans trois forges alimentées l'une au vent froid et les deux autres au vent chaud, la première à l'aide de l'appareil Fabvre-Dufaur, et la seconde à l'aide de l'appareil Taylor. Ces expériences eurent lieu en novembre 1835.

Machine soufflante. Le vent fut fourni aux forges par une soufflerie de $0^m,768$ de diamètre intérieur, et de $0^m,92$ de course, dont le piston, faisant 60 pulsations par minute, est mu par une machine à vapeur à basse pression et à double effet, de la force de 20 chevaux. La dépense journalière occasionnée par cette machine est calculée, pour chaque forge, à $1^f,80$. La pression du vent étant la même, et le forgeron ouvrant également le robinet de la machine, on doit considérer la dépense du vent comme à peu près la même dans les trois forges.

Tuyères. Dans la forge à air froid, ainsi que dans l'appareil Fabvre-Dufaur, le diamètre de l'orifice de la tuyère était de $0^m,026$; mais pour la tuyère de l'appareil Taylor on adopta une modification proposée par M. Bouchot, maître de forges (*Nouveau procédé pour fabriquer la fonte et le fer en barres, etc.*, par M. Guenyveau, ingénieur en chef des mines). On donna à son orifice une forme elliptique dont les axes étaient de $0^m,040$ et $0^m,025$. Cette modification a pour but, comme le dit son inventeur, de procurer une lame au lieu d'un

cône d'air ; ce qui permet d'obtenir un feu beaucoup plus étendu, éminemment utile lorsqu'il s'agit de forger de grandes masses.

Le travail exécuté dans chaque forge fut la confection de quatre demi-essieux en fer pour avant-trains de voitures de campagne. **Travail exécuté.**

Quatre ouvriers qui ne changèrent point furent employés à ce travail, savoir, un forgeron à 2f,80 par jour, et 3 frappeurs à 1f,50 chacun ; la journée étant à cette époque de 9 $\frac{1}{2}$ heures de travail.

Le fer employé était d'excellent fer fort, obtenu au charbon de bois (du haut-fourneau de Vaux, province de Namur), en barres de 0m,085 de largeur sur 0m,030 d'épaisseur, coûtant 40 fr. les 100 kilogr.

La première opération, la préparation des *mises*, consiste à soumettre les barres au rouge blanc et à les couper, à l'aide d'un tranchant à chaud, en barreaux dits mises, de 0m,60 et 0m,50 de longueur. Chaque demi-essieu est formé de deux mises de 0m,60 et d'une de 0m,50. **Préparation des mises.**

La confection des essieux se compose de deux parties.

La première, le soudage des mises, consiste : **Soudage des mises.**

1° A soumettre à l'action de la chaleur du blanc soudant (6000°c.) 2 mises de 0m,60, et à les souder à bras d'hommes vers leur milieu sur une longueur d'un décimètre environ ;

2° A amincir ou, en terme d'ouvrier, à *amorcer* une des extrémités d'une mise de 0m,50, que l'on coupe ensuite au tiers de sa longueur, repliant et assujettissant la partie coupée, de manière qu'elle serve à renforcer l'autre vers son milieu ;

3° A donner à cette mise ainsi renforcée la

même chaleur, afin de souder vers son amorce sur 0^{m},1 de longueur, la petite partie sur la grande ;

4° A exposer de nouveau cette même mise avec les deux premières à la chaleur soudante, en les superposant de telle sorte que les parties dé soudées coïncident exactement, afin qu'ayant at teint cette chaleur on puisse les souder à bras d'hommes en cet endroit ;

5° A souder enfin l'empâtement (c'est en term d'ouvrier ce que les artilleurs nomment le dem corps d'essieu) et la fusée, en les soumettant l'action du martinet.

On juge que toutes ces mises sont bien soudé lorsque leur nombre ne peut plus être recon mais avant d'arriver à ce point il est quelque nécessaire de leur donner plusieurs chaudes so dantes. On voit que par cette manière d'opérer fusée, qui est la partie de l'essieu qui doit offrir plus de résistance, se trouve formée de quat barres de fer.

Achèvement de l'essieu. La deuxième partie de la confection des essi consiste :

1° A étirer la fusée ; } Le tout à l'a

2° A ébaucher l'empâtement ; } du martin

3° A achever le forgeage de l'essieu à b d'hommes, en se servant de gabarits pour mettre aux dimensions exigées.

Dans cette 2e partie de la fabrication on soumet l'essieu qu'à la chaleur rouge-blanch c'est pour cela que les chaudes n'en sont pas me tionnées dans le tableau suivant.

L'essieu à ce dernier état est remis au tourne qui achève la fusée, puis le passe aux ajusteu qui le finissent complétement.

...r la confection de q...
voitures de campag...

(APPAREIL FABV... AREIL TAYLOR).

	Soudage de la mise de 0m,60 sur celle de 0m,60.		Soudage de l'empattement.		Soudage de l'empattement.		Soudage de la fusée.		Temps employé pour le reste de l'opération.
	Temps pour		Temps pour		Temps pour		Temps pour		
Forger.	Chauffer.	Forger.	Chauffer.	Forger.	Chauffer.	Forger.	Chauffer.	Forger.	
mi. 3	mi. 6	mi. 5	mi. 9,5	mi. 3	mi. 5,5	mi. 6,5	min. 17	mi. 6	
2	6	4	10	3	9	7,5	16	6,5	16 h.46'
3	6	5	11	6	2,5	6	16	3	
2	9	4	10	4	2,5	5	17,5	6,3	
[illegible]	24	19	40,5	20	1 h.14,5	25	1 h.6,5	23,5	16 h.46'

22 heures 42 minut... 1 minutes.

Récapitulation des données de l'état précédent.

OPÉRATIONS.	AIR FROID.	AIR CHAUD.		OBSERVATIONS.
		APPAREIL FABVRE-DUFAUR.	APPAREIL TAYLOR.	
Préparation des mises. .	3 h.,28'	2 h., 51'	2 h.,13'	
Chauffer au blanc soud.	4 h , 5'	2 h., 43',30"	2 h.,58'	
Forger.	1h., 29',30"	1 h.,14'	1 h.,14'	
Pour étirer la fusée et faire l'empâtement en chauffant au rouge-blanc.	15 h., 0', 30"	15 h.,53',30"	16 h.,46'	
Durée des opérations. . .	24 h., 3'	22 h.,42'	23 h.,11'	

On peut, d'après ces états, faire les remarques suivantes :

1 Relativement à la durée totale des opérations, l'air chaud est plus avantageux que l'air froid ;

2° Cet avantage se signale principalement lorsqu'on soumet le fer à la chaleur soudante, et alors l'appareil Fabvre-Dufaur l'emporte sur l'appareil Taylor ;

3° Ce dernier l'emporte en économie sur l'autre lorsque le fer ne doit pas rester longtemps au feu, ou ce qui revient au même, lorsque l'on confectionne de petits objets : cette différence provient sans doute de ce que dans l'appareil Taylor, la tuyère n'était élevée que de 0m,097 au-dessus de l'âtre de la forge, et de ce qu'on ne ponvait, comme dans leis deux autres forges, faire écouler les laitiers à l'aide d'uncanal aboutissant par une de

ses extrémités au foyer, et par l'autre sous la forge (1);

4° Le temps pour étirer la fusée et faire l'empâtement fut plus considérable avec l'appareil Taylor qu'au vent froid. Cela tient probablement à ce que ces deux opérations ne purent être exécutées au martinet, parce que la forge en était trop éloignée et que le fer se fût refroidi dans le trajet.

Déchet du fer. Pour pouvoir évaluer le déchet du fer, on pesa les mises avant l'opération, et, l'essieu achevé, on détermina son poids et celui des riblons ou débris qui en provenaient.

Consommation en houille. La houille employée était demi-grasse, menue, provenant d'Ougré (système inférieur du bassin houiller de Liége), du poids de 1.000 kilogr. le mètre cube, évalué à 9 fr. rendu sur le parquet de la fonderie. Elle fut pesée sèche, puis humectée d'une quantité d'eau suffisante. On détermina son volume, et on évalua de même le reste après chaque opération.

(1) Depuis ces expériences, dans les appareils Taylor coulés à la fonderie, la distance de la tuyère à l'âtre a été portée à 0m,19, et on a pratiqué un trou destiné à laisser écouler les laitiers, et traversant d'outre en outre la chambre à compartiments. Le forgeron assure que ces appareils chauffent beaucoup mieux que les anciens.

État indiquant le déchet du fer et la consommation en houille.

CONSOMMATIONS.	AIR FROID.	AIR CHAUD. APPAREIL FABVRE-DUFAUR.	AIR CHAUD. APPAREIL TAYLOR.	OBSERVATIONS.
	k.	k.	k.	
Fer employé.	138,00	138,00	138,00	
Poids des quatre essieux achevés.	103,00	104.88	104,98	
Perte du fer.	35,00	33,62	33,02	
Poids des riblons à soustraire de cette perte. .	8,20	10,54	8.55	
Perte réelle du fer.	26,80	23,08	24,47	
Houille employée.	111,50	105,72	115,60	
Eau pour hum. la houille.	28,40	26,20	29,00	

On voit par cet état qu'à l'air chaud, avec l'appareil Fabvre-Dufaur, le déchet est de 2ᵏ,66 p. % moindre qu'à l'air froid, et de 1ᵏ,65 p. % avec l'appareil Taylor, en tenant compte des riblons qui diminuent réellement la perte du fer.

Les essieux fabriqués à l'air chaud ayant les mêmes dimensions que ceux fabriqués à l'air froid, et pesant davantage, il s'ensuit qu'ils ont plus de densité et par suite plus de force.

La consommation en combustible est moindre de 2ᵏ,73 p. % qu'avec l'air froid, quand on travaille avec l'appareil Fabvre-Dufaur. Mais le procédé à l'air froid l'emporte de 1ᵏ,84 p. % sur celui à l'air chaud avec l'appareil Taylor. Il suffit, pour expliquer cette anomalie, de remarquer que le forgeron était obligé, lorsqu'on soumettait le fer à l'action des marteaux, de laisser passer un jet d'air par la tuyère, pour empêcher les laitiers de

l'obstruer ; ce qui n'avait pas lieu dans les autres procédés.

Afin de pouvoir apprécier la valeur numérique des résultats que nous venons d'énoncer pour ces trois procédés, établissons le devis comparatif suivant.

DÉTAIL DU TRAVAIL.	AIR FROID.	AIR CHAUD.		OBSERVATIONS.
		APPAREIL FABVRE-DUFAUR.	APPAREIL TAYLOR.	
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
Un forgeron.	9,08	6,71	6,82	(1) Le prix d'un essieu devant se calculer au poids, celui qui sera plus pesant aura une plus grande valeur; on doit donc retrancher la valeur provenant de cet excès de poids, pour rendre les résultats comparables.
Trois frappeurs.	11,89	10,75	10,98	
Soufflerie.	4,55	4,30	4,38	
Houille.	1,90	1,84	1,92	
Fer employé.	55,20	55,20	55,20	
Totaux.	82,12	78,80	79,30	
A décompter le prix des riblons (à 15 fr. les 100 k.)	1,23	1,58	1,28	
Reste.	80,89	77,22	78,02	
A décompter l'excès de valeur du fer dans les essieux fabriqués à l'air chaud (1).	» »	» 55	» 79	
Prix des essieux non tourn.	80,89	76,67	77,23	

Ce devis indique qu'il y a 5f,21 p. $\frac{0}{0}$ de gain en employant l'air chaud selon la méthode Fabvre-Dufaur, et 4f,52 p. $\frac{0}{0}$ en se servant de la méthode Taylor. On fait abstraction dans ce devis des frais généraux qui se trouvent diminués par une plus grande célérité dans les opérations.

Les causes qui peuvent concourir à rendre les résultats obtenus dans ces expériences moins

avantageux que ceux consignés dans d'autres rapports sur le même sujet sont les suivantes :

1° La perte de temps occasionnée par les opérations accessoires exigées pour la parfaite confection des essieux doit diminuer notablement les effets de l'air chaud.

2° Les forges à air froid de la fonderie, présentant des contre-cœurs en fonte de $0^m,30$ d'épaisseur, $0^m,43$ de largeur, et $0^m,46$ de hauteur, dans lesquels sont adaptées des tuyères en tôle, on travaille, pour ainsi dire, à l'air chaud.

3° Dans les forges ordinaires activées par des soufflets de maréchaux, la régularité qu'acquiert le vent en parcourant les compartiments de l'appareil doit avoir un effet notable, indépendamment de la température.

La température du vent des appareils à air chaud fut déterminée au moyen de barreaux d'alliages métalliques exécutés d'après les renseignements fournis par sir Parke (Essais chimiques sur les arts, t. II). On avait pratiqué dans les parois de derrière des appareils à air chaud, et aboutissant à la tuyère, des trous taraudés de $0^m,015$ de diamètre, pouvant être fermés à volonté au moyen d'une vis terminée par une tête à œillet. Température de l'air.

Le thermomètre centigrade indiquait 29°75 pour la température de l'atelier, et 17° pour celle du vent provenant de la machine soufflante avant qu'on mît le feu aux forges.

Après 4 ou 5 heures de feu la température du vent des appareils de MM. Fabvre-Dufaur et Taylor, alors aussi élevée qu'à la fin de la journée, était de 267°,75 c., le feu ayant, autant que cela est possible, la même intensité. Le barreau qui indiquait cette température était composé de 15

parties de plomb et 1 d'étain; on le laissait 4 à 5 minutes dans chaque appareil, en ayant soin de ne pas le faire reposer sur les parois en fonte.

Entre ces expériences pyrotechniques et celles qui font le sujet de cette notice, les tuyères des forges avaient été changées et avaient reçu un diamètre de $0^m,030$.

Comme en définitive il y a peu de différence entre les résultats obtenus à l'aide des deux appareils destinés à échauffer l'air, on peut dire, afin de déterminer sur le choix de l'un ou de l'autre, que l'appareil Fabvre-Dufaur, pesant complétement achevé 114 kil., coûterait 40 fr. dans le commerce, tandis que celui de M. Taylor, pesant 140 kil., coûterait 50 fr.

MÉMOIRE

Sur un nouveau procédé de carbonisation dans les usines, à l'aide de la chaleur perdue des hauts-fourneaux et foyers de forge;

Par M. Th. VIRLET, ingénieur civil.

Tout le monde sait que, par les procédés ordinaires de carbonisation dans les forêts, le bois ne rend, terme moyen, que 15 à 18 p. o/o en poids de charbon, bien qu'il puisse en donner une quantité plus que double. Cette perte considérable, qui tient à l'imperfection des procédés employés, a fixé depuis longtemps l'attention des industriels et des maîtres de forges, qui ont tenté à différentes époques de nombreux essais pour améliorer les procédés en usage, sans qu'aucun d'eux ait obtenu beaucoup de succès. On est bien parvenu, dans quelques localités, à obtenir une augmentation dans les produits, mais par des moyens, la plupart si dispendieux, si difficiles à exécuter, ou qui exigent une surveillance telle, qu'on y a toujours renoncé, et que l'on s'est borné jusqu'ici à apporter un peu plus de soin dans l'arrangement des meules, et à surveiller davantage l'opération de leur carbonisation. On a aussi employé dans quelques localités des fourneaux particuliers de carbonisation, lesquels, en définitive, ne donnent pas une plus grande quantité de charbon que dans les meules

dont le travail est dirigé avec tout le soin convenable.

On savait cependant, depuis bien longtemps, qu'en carbonisant en vase clos et chauffant extérieurement on obtenait une quantité de charbon bien plus considérable; mais on était convaincu aussi que ce procédé serait toujours impraticable pour les grands établissements, qu'il serait d'ailleurs trop dispendieux, et que l'acide et le goudron que l'on pourrait recueillir alors n'offriraient pas le dédommagement des dépenses auxquelles cette manière d'opérer entraînerait.

Dans cet état de choses, arriver à carboniser en grand avec économie et par un moyen qui donnât une beaucoup plus grande somme de produits, était un problème que je m'étais proposé depuis l'époque où, ayant été sur le point de m'associer dans une affaire de forges, j'avais plus particulièrement dirigé mes études vers cette industrie, et cette idée n'a cessé de me préoccuper surtout, depuis qu'intéressé dans l'exploitation de l'application de l'air chaud dans les usines, je me suis exclusivement occupé de l'industrie des fers; et je me proposais de me livrer aux expériences d'application que des circonstances de position seules avaient toujours retardées, lorsque j'appris que MM. Houzeau et Fauveau se livraient dans les Ardennes à des tentatives pour arriver au même but, et que leurs essais, que je suivis dès lors, on le concevra facilement, avec le plus grand intérêt, donnaient l'espérance d'une réussite complète à laquelle je tenais à honneur de ne pas rester tout à fait étranger.

M. Houzeau-Muiron, manufacturier-chimiste à Reims, frappé de l'imperfection des procédés

de carbonisation des forêts, avait eu aussi lui la pensée qu'on pourrait facilement arriver à de grandes améliorations, et il avait dans ce but fait depuis longtemps dans son laboratoire de nombreux essais de carbonisation en vase clos, qui lui avaient fait entrevoir que ce procédé pourrait facilement s'appliquer aux forges, et qu'en utilisant la chaleur perdue qui s'échappe des foyers, on éviterait les pertes énormes de combustible qui ont lieu par les procédés grossiers dont on avait exclusivement fait usage jusqu'alors; il reconnut aussi qu'en poussant moins loin la carbonisation qu'on ne le fait ordinairement, le charbon conservait une plus grande proportion d'hydrogène, qui lui donne un pouvoir calorifique beaucoup plus considérable. En conséquence, il communiqua ses idées à un maître de forges de ses amis, M. Fauveau-Déliars, qui, saisissant aussitôt comme lui toute l'importance des résultats qu'un tel procédé pourrait avoir pour l'industrie des fers en général, se chargea, aidé des conseils de M. Houzeau, d'en faire l'application dans son usine des Bièvres. Les essais qu'il a tentés à ce sujet, il les a poursuivis pendant plus d'une année avec une persévérance et une tenacité digne des plus grands éloges, ne se laissant ébranler ni par ses parents et amis, qui voulaient le détourner d'un projet qu'ils considéraient, sinon comme tout à fait chimérique, au moins comme ruineux, ni par les obstacles ou les dépenses que de tels essais devaient nécessairement entraîner, ni enfin par le mauvais vouloir des ouvriers, qui, il faut bien le dire, avec une volonté moins ferme, eussent suffi pour faire échouer l'affaire dès le principe, car ce n'est qu'a-

près avoir été obligé de renouveler plusieurs fois complétement le personnel de son usine, qu'il est parvenu à trouver des ouvriers assez dociles pour ne point entraver ses opérations, et d'assez bonne volonté pour ne faire exactement que ce qui leur était indiqué, sans s'inquiéter de ce qui pourrait en advenir. D'aussi constants efforts ne pouvaient manquer d'arriver à un succès complet, et MM. Houzeau et Fauveau ont obtenu, par ordonnance royale en date du 11 février 1835, un brevet d'invention et de perfectionnement de quinze années pour leur nouveau procédé de carbonisation.

Les avantages de ce procédé, simple et ingénieux, qui consiste à remplacer la carbonisation ordinaire des forêts par une carbonisation à l'usine, dans des caisses ou fours en fonte échauffés extérieurement par la flamme perdue qui s'échappe des foyers, tiennent sortout en grande partie à ce que, la carbonisation n'étant poussée que jusqu'au point nécessaire pour chasser du bois l'eau et les gaz oxidants, le charbon qui en résulte conserve encore une certaine proportion d'hydrogène, corps éminemment combustible, et très-propre à faciliter la désoxidation des minerais, avec la plus grande partie du carbone qui se trouve consommé en pure perte par les anciens procédés.

En effet, l'examen fait au laboratoire de l'école des mines, par M. Berthier (voy. *Ann. des min.*, tom. IX, 3ᵉ liv., 1836), du bois carbonisé aux Bièvres par le nouveau procédé, lui a démontré que ce charbon équivalait à 0,535 de son poids en carbone. Or, le mètre cube de bois pesant dans cette localité de 375 à 380 kilogr.,

qui rendent d'après le nouveau système 220 kilogrammes de charbon, il résulte que celui-ci correspond à environ 31 ou 32 pour $\frac{0}{0}$ du carbone contenu dans le bois, qui n'en contient guère que 36 pour $\frac{0}{0}$; mais il conserve en outre une plus grande proportion d'hydrogène, qui augmente beaucoup son pouvoir calorifique.

Examinons maintenant, sous le rapport de l'économie du combustible, les avantages que ce procédé procure. Par l'ancien procédé, on dépensait, pour obtenir 1.000 kilogrammes de fonte, environ 7 kilolitres de charbon de bois ayant séjourné quelque temps dans les halles, c'est-à-dire en y comprenant le déchet qu'éprouve le charbon en volume, et qui, pour les Ardennes, est ordinairement évalué à un sixième, parce que le bois de charbonnage y étant généralement tortueux, le charbon qui en résulte est très-sujet à se briser et à s'affaisser; ce déchet, ou si l'on aime mieux, cette réduction en volume, n'est, dans la plupart des autres localités, que de un douzième à un huitième.

Sept kilolitres de charbon à l'ancien procédé, pesant environ 1.500 kilogrammes, représentent $10 \frac{1}{2}$ doubles stères de bois, quantité nécessaire pour produire 1.000 kilogrammes de fonte grise de moulerie; or, comme d'après le nouveau procédé de carbonisation on ne dépense, pour obtenir la même quantité et qualité de fonte, que 5 cordes 12 centièmes, l'économie en bois se trouve être de plus de moitié, et, si l'on convertit ces 5,12 doubles stères en charbon ancien, on voit que la consommation comparée de combustible, par l'ancien et le nouveau procédé, est réduite d'environ 1.500 à 738 kilogr.

par 1.000 kilogrammes de fonte; diminution qui, je n'en doute pas, sera, dans les fourneaux qui marchent avec plus d'avantages que la plupart de ceux des Ardennes, proportionnelle, en sorte qu'on peut prévoir que la consommation de combustible, comparée à l'ancien procédé, descendra pour quelques usines au-dessous de 0,6 pour 1 de fonte.

On a fait dans ces derniers temps, dans plusieurs localités, des essais pour substituer le bois en nature au charbon de bois; mais aucun de ces essais ne me paraît offrir d'avantages réels; et ce qui semble, d'ailleurs, mieux démontrer, qu'aucun des arguments qu'on pourrait présenter en leur faveur, les inconvénients qui en sont résultés, c'est que la plupart ont été abandonnés. L'emploi du bois cru occasionne, en effet, des dérangements fréquents et des embarras dans le fourneau, et les minerais, ayant alors plus de tendance à se convertir en silicates et à passer dans les scories, rendent moins de fonte.

L'emploi du nouveau procédé de carbonisation, au contraire, rend la marche du fourneau plus facile, plus régulière et plus rapide, en même temps que les produits sont très-sensiblement améliorés; c'est du moins ce que l'expérience a démontré jusqu'ici dans les usines où le procédé a été adopté.

M. Fauveau-Déliars aux Bièvres, et MM. Bellevue et Claudot à Montblainville, ont fait des essais et des expériences comparatives souvent répétées, qui leur ont démontré, 1° que toutes les fois qu'on substituait l'ancien charbon au nouveau, il y avait ralentissement bien sensible dans la marche du fourneau; 2° qu'il y avait

quelque inconvénient à ne pas pousser assez la carbonisation, et que le point où il convient le mieux de l'amener est celui où le bois a perdu un tiers en volume. Comme ces expériences avaient pour but de constater jusqu'à quel point il serait possible de n'employer que du bois légèrement torréfié, ils ont constamment reconnu que, quand la carbonisation n'était pas poussée jusqu'au point convenable, il en résultait toujours, au bout de quelque temps, des accidents qui forçaient de revenir à une carbonisation plus avancée.

Il est facile de concevoir, outre les inconvénients particuliers qui peuvent résulter de l'emploi direct du bois, pourquoi celui-ci ne peut offrir les mêmes avantages que le bois carbonisé par la nouvelle méthode; c'est qu'en effet les matières volatiles qu'il contient ne peuvent être chassées qu'aux dépens de la chaleur du fourneau, ou, ce qui revient au même, aux dépens du combustible lui-même, en sorte qu'il y a des pertes considérables de calorique, et qu'il y a nécessairement une partie de bois consommée en pure perte, comme dans les procédés ordinaires de carbonisation de nos forêts. La théorie permet en quelque sorte de calculer approximativement les pertes que l'opération de la carbonisation dans le fourneau même peut entraîner. On sait par exemple, en supposant, ce qui n'a pas lieu, le cas le plus favorable, celui où l'oxygène et l'hydrogène contenus dans les fibres du bois se dégageront à l'état d'eau, qu'il faut six kilogrammes environ de charbon pour carboniser 100 kilogrammes de bois. La quantité maximum de charbon, que l'on pourrait donc théoriquement obtenir ainsi, se réduirait à 30 pour $^{o}/_{o}$, résultat qui

serait assurément bien beau, comparé à celui fourni par les anciens procédés; mais malheureusement les choses ne se passent pas ainsi; la rapidité, avec laquelle s'opère la carbonisation, fait qu'une partie du ligneux du bois est transformée en acide pyroligneux, lequel est entraîné avec une partie du carbone par le courant d'air forcé qui traverse constamment le fourneau; il doit donc résulter de là des pertes assez considérables, indépendantes de celles qui sont indispensables pour convertir le bois en charbon; toutes ces causes expliquent très-bien pourquoi les résultats obtenus par l'emploi direct du bois cru ne sont pas plus satisfaisants.

Dans les fours destinés à carboniser, au contraire, l'opération de la carbonisation se faisant aux dépens de la chaleur perdue du fourneau, on évite d'une part la perte de combustible qui serait nécessaire au dégagement des matières volatiles contenues dans le bois, et l'opération se faisant plus régulièrement et plus lentement, le charbon acquiert plus de consistance et d'homogénéité, résiste mieux à l'action du courant d'air forcé, et par conséquent doit porter, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnellement plus de mine que le charbon qui se forme dans le fourneau, où il éclate souvent, se réduit en partie en fraisil avant d'arriver à la tuyère, tandis qu'une autre partie y arrive quelquefois même sans être carbonisée du tout.

On a beaucoup parlé de l'emploi du bois qui a lieu en Finlande, depuis environ sept années, dans l'usine de Soumboul, appartenant à M. le colonel Foëck; mais il suffit d'examiner attentivement la question pour reconnaître que les

avantages qui en résultent, et dont on a fait tant de bruit, sont, on peut le dire, tout à fait négatifs. Si l'on prend les données consignées dans l'excellent traité de chimie de M. Dumas (tome IV), relatives à l'emploi du bois à Soumboul, on voit qu'à l'époque où la marche du haut-fourneau était la meilleure, et où l'abondance de l'eau permettait d'employer le vent à une plus forte pression, on consommait, pour 100 kilogrammes de fonte obtenue, 1,5 mètre cube de bois; tandis que, quand on marchait au charbon de bois avec le même minerai, on consommait 2,25 mètres cubes de charbon, qui représentent 4,5 mètres cubes de bois, de sorte que la consommation du bois se trouverait réduite à $\frac{1}{3}$ de ce qu'elle était avant son emploi direct; mais il est facile de voir, ajoute M. Dumas, qu'on a pris pour terme de comparaison un roulement où la consommation en charbon était à peu près double de la consommation ordinaire. En effet, le mètre cube de charbon de sapin, le seul bois dont on fasse usage dans cette localité, pesant environ 175 kilogrammes, on voit que la consommation de charbon était de près de 400 kilogrammes pour 100 de fonte, ce qui n'est pas croyable. On est donc fondé à conclure que l'on emploie presque autant de bois qu'il en faudrait pour fournir le charbon, pour une marche ordinaire, en sorte que ce serait seulement sur les frais de charbonnage que résideraient les avantages de ce procédé. Mais il exige de plus un fourneau de forme toute particulière, et dont la cuve présente un prisme droit rectangulaire, à partir des étalages jusqu'au gueulard, qui a ainsi 7 pieds de longueur sur $4\frac{1}{2}$ de large. Le

bois arrive à l'usine par le flottage en bûches d'une longueur égale à la largeur du gueulard, c'est-à-dire de 1^{m},50 environ; pour le charger on le dispose dans toute sa longueur comme s'il s'agissait de mesurer une corde de bois; tout ce qui est trop mince ou trop court est rejeté, ce dont on n'a pas parlé jusqu'ici, et ce qui cependant doit figurer en ligne de compte, peut-être pour un quart de la consommation. Un officier supérieur au corps des mines de Russie, de qui je tiens ces détails, et qui a visité l'usine du colonel Foëck, m'a dit en outre que la quantité des produits obtenus était à peine de moitié de ce qu'elle était auparavant, en sorte qu'il faudrait au moins deux hauts-fourneaux marchant au bois pour produire la même quantité de fonte que dans un seul marchant au charbon de bois; néanmoins les frais généraux de fabrication, restant les mêmes dans les deux cas, se trouvent doublés relativement à la quantité de fonte produite par l'emploi du bois. On voit donc qu'en tenant compte de toutes ces circonstances, on emploie en résumé au moins autant de bois en nature qu'on en emploierait dans une bonne marche en le carbonisant, et que non-seulement l'emploi de ce procédé est peu avantageux, mais qu'il serait même tout à fait impraticable dans les localités où le bois serait plus rare, où on aurait besoin d'une fabrication considérable, et où enfin on ne pourrait le faire arriver par le flottage, qui rend à peu près nuls les frais de transport, en même temps qu'il rend le bois plus propre à pouvoir passer facilement au fourneau, condition sans laquelle les essais au bois n'ont pu réussir en Suisse, d'après ce que m'a assuré M. Naher, propriétaire de

l'usine de Plons, située près Sargans, canton de Saint-Gall.

Lorsqu'en 1834 on a commencé à substituer dans le haut-fourneau de Plons une portion de bois en nature au charbon de bois, on soufflait au vent chaud. A l'époque où j'ai visité cette usine, on avait remplacé la moitié de la charge en charbon de bois, composée de 22 pieds cubes, moitié charbon de bois dur, moitié charbon tendre, par un volume égal de bois de sapin flotté, ce qui avait réduit la consommation du bois de un quart, le bois de sapin rendant environ 50 pour $\frac{0}{0}$ ou moitié en volume de charbon. Néanmoins, en supposant le bois converti en charbon ordinaire, la consommation était encore de 1,15 à 1,20 de charbon de bois, pour un de fonte, qui est la consommation moyenne des fourneaux marchant bien à l'air froid; cependant ici le minerai est très-riche, très-fusible, et le secours du vent chaud n'avait fait que rendre les conditions encore meilleures. Les avantages très-sensibles qui ont paru résulter de l'emploi du bois, qu'on y a à ce qu'il paraît abandonné depuis, tenaient donc, ainsi que l'ont très-bien fait observer MM. Combes et Berthier (*Ann. des min.*, tom. VII, 1835), à ce que l'on consommait auparavant dans cette usine beaucoup plus de combustible qu'on n'en emploie généralement dans les hauts-fourneaux pour le traitement de minerais moins riches et plus réfractaires. A Plons, les dispositions du fourneau n'avaient pas été changées pour l'emploi du bois, et les bûches, qui avaient 3 pieds $\frac{1}{2}$ environ de longueur, étaient débitées en trois, à l'aide d'une scie circulaire.

Il me reste à parler maintenant des essais tentés dans les usines de Westpoint et de Stockbridge, aux Etats-Unis, que M. Michel Chevalier nous a fait connaître tout récemment (*Ann. des mines*, 1re liv., 1836). Lorsque cet ingénieur visitait cette contrée de l'Amérique, on jetait dans les hauts-fourneaux de Westpoint et de Stockbridge une petite proportion de bois cru qui n'a jamais dépassé un tiers de la charge. Suivant M. Alger, directeur de l'usine de Stockbridge, fondée il y a quelques années par un Français, M. Jacob Blum, deux cordes de bon bois, cubant 7,20 mètres ou 256 pieds anglais, produiraient le même effet que 100 buschels de charbon ordinaire qui représentent 366 pieds cubes de bois; or, en supposant qu'on mît un tiers de la charge en bois, il en résulterait une économie de un dixième seulement, sur laquelle il faudrait déduire la différence des frais de transport entre le bois et le charbon de bois. D'un autre côté, si l'on considère, ainsi que l'a fait remarquer M. Kemble, directeur de l'usine de Westpoint à M. Chevalier, que le principal avantage qui résulte de l'emploi du bois cru dans cette usine, tient à ce que, la carbonisation étant généralement très-mal conduite en Amérique, les charbons y sont de mauvaise qualité, et à ce que les minerais y étant très-réfractaires exigent un vent fort qui éparpille le charbon, tandis qu'avec l'emploi du bois l'air pénètre plus facilement et produit plus d'effet; on voit aussi que les avantages que procure l'emploi du bois dans cette localité tiennent principalement à la mauvaise qualité des charbons dont on fait usage, et que, pour y obtenir des économies réelles, ce

seroit surtout sur l'amélioration des procédés de carbonisation qu'il faudrait porter son attention. D'ailleurs, en calculant la quantité de combustible consommée tant en bois qu'en charbon de bois, elle reste, quoiqu'on y fasse usage de l'air chaud, encore bien supérieure à celle qui est généralement consommée dans nos usines. Les bois dont on se sert dans les usines d'Amérique se composent d'essences mélangées, comme dans la plupart de nos usines; on choisit de préférence des rondins de deux à cinq pouces de diamètre, qu'on débite en morceaux d'un pied, quelquefois de deux pieds de longueur.

D'après tout ce qui précède, on est forcé de reconnaître, relativement à l'emploi direct du bois, que la théorie est parfaitement en harmonie avec les faits résultant de l'expérience, à savoir que l'emploi du bois cru ne peut offrir d'avantages véritables partout où les usines marchent bien et avec toute l'économie possible, et que ceux que croient y trouver celles qui en font encore usage aujourd'hui, sont principalement dus à ce que ces usines marchaient fort mal antérieurement, dépensant une quantité de combustible qui atteignait dans quelques endroits le double de la consommation ordinaire.

On a aussi fait, dans ces derniers temps, dans quelques usines, des essais qui n'ont pas beaucoup mieux réussi, pour substituer le bois desséché au charbon de bois, j'en citerai un exemple : M. Duplessis, propriétaire de l'usine de Seveux (Haute-Saône), et certainement l'un des maîtres de forges les plus éclairés et les plus progressifs de la Franche-Comté, avait d'abord, d'après ce que nous avions vu ensemble des essais

pour la substitution du bois au charbon de bois en Suisse, essayé d'employer le bois cru dans son fourneau, qui marchait en gueuses et à l'air chaud; mais, quoiqu'il n'ait employé le bois que dans la proportion de un sixième, il en est résulté des dérangements notables dans le travail du fourneau, qui l'ont déterminé à abandonner le bois cru pour essayer l'emploi du bois desséché. La dessiccation était opérée dans une espèce de four ovoïde, semblable à un four à chaux d'une capacité égale à environ quatre mètres cubes. On le remplissait de bois découpé en morceaux de 5 à 6 pouces de longueur, et on lançait à travers et par la partie inférieure un courant d'air échauffé à 150 ou 200 degrés centigrades. L'opération durait à peu près douze heures, et la dessiccation était tout à fait irrégulière, se trouvant très-avancée à la partie inférieure et à peine sensible à la partie supérieure, avec tous les degrés intermédiaires entre les deux extrémités; mais l'un des plus grands inconvénients de ce procédé, et qui a déterminé M. Duplessis à l'abandonner pour adopter le nouveau procédé de carbonisation, tenait à ce que, quand on débouchait le four à la partie inférieure pour retirer le bois desséché, les gaz s'enflammaient et sillonnaient souvent la masse en tous sens avec la rapidité d'une étincelle électrique, et qu'ils communiquaient alors dans toute la longueur du parcours le feu au bois, qui, se consommant plus ou moins dans le voisinage de ce parcours, occasionnait des déchets assez considérables. Si l'on ajoute à ces inconvénients graves la nécessité d'avoir une soufflerie à part, et par conséquent un moteur avec un second appareil à air chaud qu'il faut chauf-

fer séparément, on comprendra que les avantages économiques qui peuvent résulter dans le fourneau de l'emploi du bois ainsi desséché, sont plus que compensés par les frais de transport du bois d'une part, et ceux assez considérables que nécessite l'opération de la dessiccation du bois. Un grand nombre d'usines n'ayant d'ailleurs souvent que des moteurs déjà insuffisants, l'application d'un tel procédé, fût-il réellement avantageux, serait tout à fait impossible, ou exigerait une dépense assez considérable pour créer le moteur indispensable. Ainsi, dans cette circonstance comme pour le bois cru, les avantages sont tous en faveur du nouveau procédé de carbonisation, qui ne présente aucun des inconvénients graves qui ont été signalés dans l'un et l'autre cas que je viens d'examiner avec impartialité.

Il a été reconnu, dans ces derniers temps, que la température nécessaire pour produire dans un haut-fourneau la réduction et la fusion des minerais était loin d'être aussi élevée qu'on le supposait autrefois, et qu'elle ne dépassait pas 1.800 à 2.000° centigrades. M. Clément-Desormes, à qui l'industrie doit tant d'applications utiles, estime cette température à 1.800°, tandis que quelques autres chimistes, et notamment M. Dumas, ne l'évaluent qu'à 1.500° centigrades. Quoi qu'il en soit, si une cause quelconque tendait à abaisser ce point élevé de température, et c'est ce qui arrive par exemple chaque fois qu'on met dans le fourneau un petit excès de mine, qui, diminuant la quantité relative de combustible, produit un abaissement de température, des désordres graves peuvent s'ensuivre, et l'allure du fourneau devenir très-mauvaise ; or, la carboni-

sation, lorsqu'on charge du bois cru dans le fourneau, ne s'opérant pas près de l'orifice du gueulard, mais bien en partie dans l'intérieur du fourneau même, ce bois doit nécessairement abaisser la température du milieu dans lequel il se trouve; et en supposant qu'il fût complétement desséché alors, c'est-à-dire débarrassé de toute l'eau interposée, ce qu'il est impossible d'obtenir, même dans une marche régulière, il resterait toujours composé de parties égales de carbone et d'eau combinées, ou plutôt d'hydrogène et d'oxygène, dans les proportions précisément propres à constituer l'eau, qui ne peut cependant se produire et passer à l'état de vapeur sans enlever une grande quantité de calorique et abaisser la température ambiante; en sorte qu'il pourra en résulter des dérangements notables dans la marche du fourneau, à moins qu'on ne compense cette perte de calorique, qui tient à la nature même du combustible, par un excès de ce combustible; mais alors que devient l'économie qu'on se propose d'obtenir?

Je le répète, ce n'est pas seulement une complète dessiccation qu'il est indispensable d'obtenir, il faut encore que la carbonisation soit suffisamment avancée. Aussi, dans les nombreux essais faits au fourneau des Bièvres, par MM. Houzeau et Fauveau, il a toujours été reconnu qu'une carbonisation trop peu avancée y donnait lieu à des chutes de mine, à des engorgements qu'on ne pouvait faire disparaître qu'en diminuant la quantité de mine, et par conséquent l'économie de combustible.

D'un autre côté, si l'on compare le charbon nouveau à l'ancien, on verra que les avantages

seront encore en faveur du nouveau. On sait que les charbons, étant très-hygrométriques, se chargent toujours, au bout d'un certain temps, même dans les halles, d'une assez grande quantité d'humidité. Les charbons ordinaires contiennent de 9 à 10 pour 100 d'eau, mais cette proportion est variable; elle est d'autant plus grande, qu'ils ont été plus fortement calcinés, et qu'ils retiennent moins de substances combustibles volatiles; c'est ce qui fait que le nouveau charbon n'est presque pas hygrométrique. La condensation de la vapeur d'eau par le charbon ordinaire est très-rapide, et au bout de six ou huit jours ils en sont saturés; alors la proportion d'eau augmente ou diminue selon le degré d'humidité de l'atmosphère. Or, comme l'effet utile des charbons dépend en grande partie de leur degré de siccité, il en résulte qu'il doit nécessairement y avoir un avantage à employer le charbon au nouveau procédé, puisque, la plupart du temps chargé dans le fourneau encore chaud, il est dégagé de toute espèce d'humidité. On sait d'ailleurs que les charbons, pénétrés d'eau, qu'ils absorbent par la voie de capillarité, lorsqu'ils ont été longtemps exposés à l'humidité de l'atmosphère, ou aux pluies, et ils le sont souvent dans les forêts, ne brûlent que difficilement et à force de vent, et qu'une partie de la chaleur semble employée à la vaporisation de l'eau qu'ils contiennent; aussi ne produisent-ils que très-peu d'effet utile, et remarque-t-on presque toujours que, lorsqu'on emploie quelque veine de charbon trop humide, il survient des dérangements dans le fourneau. C'est que, ces charbons ne pouvant en effet porter la même quantité de mine que des charbons secs, le fourneau se

trouve tout à coup trop surchargé de minerai, et la température s'abaisse beaucoup, si on n'a pas eu le soin d'en diminuer les proportions. Il y a alors une véritable indigestion de mine, qui peut occasionner de graves inconvénients, toutes choses qu'on n'a pas à redouter par l'emploi du nouveau procédé de carbonisation.

Description des appareils.—Précautions à prendre pour leur construction.

L'appareil à carboniser se compose de fours prismatiques, dont le nombre peut varier de 6 à 10 et même au delà, selon les usines et la quantité de bois qu'on peut avoir à carboniser. Ces fours sont composés d'un assemblage de plaques en fonte et sont disposés de telle manière que la flamme qui s'échappe du fourneau puisse les envelopper, à l'exception de la partie supérieure, et les entretenir à une température assez élevée pour carboniser le bois qu'on y introduit. Leurs dimensions intérieures peuvent aussi varier selon les circonstances; mais on leur donne généralement une capacité égale à un mètre cube. Dans les fourneaux marchant à petites charges, on peut leur donner une capacité telle, que la quantité de bois qu'ils doivent contenir corresponde, lorsqu'elle a perdu un tiers en volume par la carbonisation, à une charge; dans ce cas, chaque four donnant sa charge de charbon, on pourrait le jeter dans le fourneau sans le mesurer.

La carbonisation variant dans chaque four de deux à quatre heures, soit en moyenne trois heures, on conçoit alors que, si la descente des charges durait trois quarts d'heure, il suffirait

de quatre fours pour alimenter le fourneau; mais outre que les descentes de charge ne sont pas toujours régulières, l'opération de la carbonisation elle-même variant plus ou moins selon la température et la position relative des fours, il y aurait quelques inconvénients à n'avoir que juste la quantité de fours nécessaires pour alimenter le fourneau de charbon dans une marche régulière; aussi est-il nécessaire d'en construire plus que les besoins ne l'exigent, afin de permettre de faire les réparations que l'un d'eux pourrait exiger, sans pour cela diminuer la quantité de charbon qu'il est nécessaire de produire. Quand le fourneau marche en grosses charges, on ne peut plus se guider sur elles pour les dimensions à donner aux fours; car il ne convient pas de leur donner une capacité qui dépasse beaucoup un mètre cube, parce que la carbonisation aurait peine à s'y faire bien uniformément. On donne ordinairement aux fours plus de hauteur que de largeur; les dimensions varient entre 4 et 4 $\frac{1}{2}$ pieds de hauteur et 2 à 2 $\frac{1}{2}$ de largeur et de profondeur.

L'appareil qui a été représenté en projection horizontale et en coupe (*Pl. VI*, *fig.* 1), en projection verticale et latérale (*fig.* 2), et en projection verticale de face (*fig.* 3), se compose de huit fours disposés sur deux lignes, à la partie supérieure du fourneau et en arrière du gueulard, qui, à moins qu'on n'ait pas un emplacement suffisant, doit rester libre et être surmonté, ainsi qu'il est figuré dans le plan, d'une petite cheminée de tirage, pour que, dans le cas où des réparations seraient à faire dans l'appareil à carboniser, on puisse l'isoler du fourneau sans être obligé d'ar-

rêter celui-ci. Cette disposition a encore l'avantage d'ôter toute crainte de compromettre les fours pendant l'opération du grillage, lors de la mise en feu. La cheminée antérieure pourra être condamnée s'il y a lieu; car, étant moins élevée que la cheminée d'appel, située à l'arrière de l'appareil, elle n'empêchera pas la flamme et les gaz de pénétrer dans celui-ci; j'ai même reconnu que quelquefois le tirage se faisait mieux dans l'appareil lorsque cette cheminée n'était pas bouchée en entier; et que, quand elle l'était tout à fait, une partie de la flamme refluait sur le devant du gueulard et incommodait beaucoup les ouvriers chargeurs.

On peut se dispenser aussi de fermer le devant du fourneau; cependant il est bon de pouvoir le faire dans quelques cas, ce qui s'exécute, soit par une porte à deux battants, soit par une grande plaque en tôle suspendue par des espèces de pitons, à des crochets fixés dans la maçonnerie de la cheminée, au-dessus du cintre ou de la marâtre qui forme linteau, et autour desquels on peut, à l'aide d'une petite chaîne passant sur une poulie et s'enroulant sur un petit treuil, la faire tourner comme sur une charnière, et l'élever ou l'abaisser à volonté.

Afin de pouvoir, en cas de nécessité, isoler du fourneau l'appareil à carboniser, qu'on peut sans inconvénient placer à la distance de un ou deux pieds et même plus du gueulard, il est nécessaire de disposer un registre ou glissoir qui puisse fermer à volonté la porte par où la flamme se rend dans l'appareil; ce registre pourra être une simple plaque en tôle qu'on glisserait à l'aide de coulisses, soit par le côté, soit par le dessus,

si la cheminée du gueulard, se trouvant isolée de l'appareil, le permet.

Dans la coupe transversale de l'appareil (*Pl. VIII*, *fig.* 1), suivant la ligne C D du plan (*Pl. VI*, *fig.* 1), j'ai figuré au-dessous l'appareil à air chaud à tuyaux courbes de M. Philip Taylor, seulement dans le but d'indiquer qu'on peut se servir du procédé d'air chaud, sans nuire en rien au nouveau système de carbonisation; car il n'en coûte pas plus pour échauffer les deux appareils à la fois : la flamme du gueulard, ou plutôt celle qui résulte de l'inflammation des gaz qui s'en échappent, étant bien ménagée, est plus que suffisante pour satisfaire aux deux systèmes en même temps; mais l'opération de la carbonisation est tout à fait indépendante de l'emploi de l'air chaud, et peut être adoptée, soit qu'on marche à l'air froid, soit qu'on marche à l'air chaud. Ainsi, parmi les fourneaux qui ont adopté le nouveau système, ceux des Bièvres, de Montblainville, de Seveux, marchent à l'air chaud, tandis que ceux de Senuc, de Haraucourt, etc., continuent d'aller au vent froid.

Les fours sont séparés les uns des autres de manière à laisser un intervalle de six pouces entre eux; c'est dans cet intervalle que la flamme circule. Les plaques de fond, qu'on fait ordinairement de deux pouces environ d'épaisseur, sont soutenues d'un côté par les murs latéraux extérieurs, et de l'autre, quand il n'y a pas d'appareil à air chaud, par des piliers en briques construits aux angles des fours, et de manière qu'un de ces piliers soutienne à la fois les quatre angles des plaques formant les soles d'autant de fours voisins les uns des autres; ainsi,

pour les huit fours, tels qu'ils sont disposés sur le plan, il faudrait cinq piliers. On pourrait n'en faire qu'un seul pour lui donner plus de solidite et ménager des ouvertures dans les intervalles, entre les angles des fours, de manière à permettre à la flamme de pénétrer dans ces intervalles. Dans le cas où il y aurait un appareil à air chaud, on construit aux deux extrémités de celui-ci des piliers sur lesquels on place des gueuses destinées à soutenir les fours au-dessus de cet appareil, ainsi qu'il est figuré dans la *Pl. VIII*; on pourrait encore facilement prolonger le pilier en dessous de l'appareil à air chaud, et, à l'aide d'espèces de chevalets en fonte qui embrasseraient un des tuyaux cintrés, se créer de la sorte des points d'appui intermédiaires. Pour faciliter le déchargement des fours, on incline les plaques de fond de 15 degrés environ, c'est-à-dire d'un tiers ou d'un pouce sur trois; c'est sur cette inclinaison la plus commode à donner, qu'ont été calculées toutes les pièces détaillées dans la *Pl. VII*, qui composent un four. Pour empêcher ces plaques de glisser en avant, il faut les retenir à l'aide d'une bande de fer plat, retenue elle-même dans toute la longueur de l'appareil par des ancres ou montants destinés à consolider le tout, comme dans les fours à réverbère ou à puddler. J'ai figuré dans le plan seulement trois ancres dans le sens de la longueur, et deux dans l'autre sens; tous les boulons qui maintiennent ces montants sont encastrés dans la maçonnerie extérieure, à l'exception d'un seul, celui de la partie inférieure du montant latéral du milieu, qui traverse dans l'intervalle des deux fours; celui-là, il faut avoir soin de l'envelopper de maçonnerie ou d'argile dans

toute sa longueur, afin de le préserver de l'action de la flamme, qui ne tarderait pas à l'oxider entièrement, en sorte qu'il n'offrirait bientôt plus de résistance.

Les fours se composent des pièces suivantes figurées *Pl. VII* :

1° Une plaque de fond *a* (*fig.* 1), et représentée en coupe, en *b* suivant la longueur et en *c* suivant la largeur; elle présente un rebord dans lequel viennent s'encastrer les quatre plaques de faces indépendamment de ce rebord destiné à retenir ces plaques et à les empêcher de s'écarter extérieurement, il convient d'en ménager d'autres plus petits à l'intérieur pour empêcher les plaques des côtés seulement de rentrer en dedans, et en pratiquant la même chose à la plaque du dessus, on pourrait éviter ainsi de mettre des boulons en fer pour les retenir, attendu que l'acide pyroligneux du bois attaquant beaucoup plus facilement le fer que la fonte, il faut autant que possible éviter l'emploi du fer dans la construction des fours; mais, d'un autre côté, comme toutes les plaques peuvent être coulées sur chantier, et qu'on ne peut pas répondre ainsi de leur épaisseur, ces rebords auraient un inconvénient que n'ont pas les boulons, celui de laisser, quand les plaques ne seraient pas justes d'épaisseur, ce qui arriverait souvent, du jeu entre les plaques de côté et les rebords de celles de devant et de derrière, qui les embrassent. Du reste, s'il y avait du jeu, il serait facile, à l'aide de petits coins en fer et du mastic qui sert à luter les fours, de les supprimer. Il serait donc préférable, en définitive, d'éviter les deux boulons d'assemblage qu'on a employés jusqu'ici, et que j'ai indiqués dans la

coupe et la projection de deux de ces fours (*Pl. VI*, *fig.* 1), ainsi que dans leurs étouffoirs, dont il sera question plus loin, par des rebords latéraux seulement, ménagés intérieurement aux plaques du dessus et du fond, ainsi que je viens de le dire.

Le rebord extérieur n'existe pas du côté de la porte latérale du four, par où celui-ci se décharge; j'ai indiqué de chaque côté de cette porte deux ouvertures de trois pouces sur quatre; on pourrait pour simplifier les plaques se dispenser de les y ménager; elles sont destinées à laisser passer la flamme de chaque côté de la porte; mais, comme elle pénètre latéralement et qu'elle peut circuler ensuite tout autour, elles ne sont pas d'une absolue nécessité; cependant elles peuvent être utiles quand, dans le cas où il y aurait des boulons qui traverseraient l'appareil, il serait nécessaire de ménager un peu de maçonnerie pour les préserver, ce qui intercepterait la flamme de ce côté. Le rebord extérieur de la plaque est calculé pour un four incliné de 15°; il est évident que, si on donnait à cette plaque une inclinaison moindre, il faudrait diminuer proportionnellement le cadre dans le sens de la longueur, et changer aussi le biais des plaques de côté (*fig.* 4); dans tous les cas, il faut avoir soin que le rebord postérieur soit incliné intérieurement, de manière à permettre à la plaque de derrière de venir s'appliquer dans l'angle de ce rebord; si on le faisait droit comme les autres côtés, il en résulterait qu'en inclinant la plaque il rejetterait celle de derrière un peu en avant, et pourrait empêcher par-là l'assemblage de toutes les pièces si elles se trouvaient trop justes. Au reste,

comme il est nécessaire que toutes ces pièces, qui peuvent être moulées sur sable et en chantier, soient bien exécutées d'équerre et aient toutes exactement les mêmes dimensions, il faudra avoir la précaution de faire exécuter en planches, et de grandeur naturelle, toutes les pièces composant un four, puis de le faire placer dans la position qu'il devra avoir en place, afin de bien se rendre compte de l'assemblage de toutes ces pièces. Les planches d'ailleurs pourront servir de modèle pour couler les plaques, et permettront, ce qui est surtout essentiel, de les avoir toutes exactement de mêmes dimensions. Une plaque qui ne serait pas exécutée bien carrément suffirait pour empêcher l'assemblage, bien qu'il ait été ménagé entre elles un peu de jeu, pour tenir compte du plus ou moins de retrait que pourrait éprouver la fonte.

Les *fig.* 2 et 3, même planche, représentent les plaques de devant et de derrière; ces pièces sont terminées par des rebords ou collets destinés à embrasser les plaques de côté; on peut ne donner à ces rebords que six lignes d'épaisseur, tandis que toutes les plaques du four, devant être continuellement soumises à l'action de la flamme, doivent avoir au moins un pouce d'épaisseur; il faut avoir soin que les rebords de la plaque de devant soient terminés par le bas en bizeau, comme il est indiqué, pour que cette plaque puisse se placer carrément sur le fond incliné du four; celle de derrière porte, à la partie supérieure et intérieurement, un mentonnet sur lequel la plaque du dessus doit s'appuyer.

La *fig.* 4 représente une des plaques de côté qui ont aussi à la partie supérieure un mentonnet; si on se servait du même modèle pour mouler

les plaques des deux côtés, il faudrait avoir soin de changer le mentonnet de côté; la figure représente le côté droit, il faudrait par conséquent placer ce mentonnet en sens inverse pour le côté gauche.

La *fig.* 5 représente la plaque du dessus du four qui se place en dedans des autres plaques, et repose sur les mentonnets des plaques de derrière et latérales, et sur la plaque de devant, au-dessus de laquelle son extrémité appuie, ainsi qu'il est indiqué dans la projection horizontale des fours 5 et 6 (*Pl. VI, fig.* 1), et dans la coupe et la projection verticale (*Pl. VIII, fig.* 1). Deux ouvertures de 3 pouces de diamètre sont indiquées vers deux des angles de cette plaque, et sont destinées à recevoir des tuyaux par où s'échappe une partie de la fumée et des vapeurs que dégage le bois en se carbonisant; ces tuyaux, qui peuvent être exécutés en tôle ou en fonte, viennent se réunir deux à deux dans un autre tuyau d'appel en tôle, destiné à élever la fumée pour qu'elle n'incommode pas les ouvriers qui travaillent à la partie supérieure. Il suffit d'un de ces tuyaux, comme l'indique le plan, pour deux fours; les petits tuyaux doivent être établis de manière à pouvoir se démonter facilement pour être nettoyés à volonté, car le goudron qui se dégage ne tarderait pas à les obstruer tout à fait. L'une des ouvertures de la plaque doit servir seule; celle qui ne sert pas est condamnée et bouchée par la maçonnerie qui recouvre le tout. Les 4 tuyaux F, G, H, I, avec les petits tuyaux qu'on appelle *fumettes*, sont représentés en projection horizontale dans le plan (*fig.* 1), entre les fours 7 et 8 en I, et en projection verticale (*fig.* 2 et 3); la plaque de dessus, outre ces deux petites ouvertures, en

a une troisième qui est destinée à servir de porte, par où le bois se charge dans le four; un châssis en fonte, en forme de trémie (*Pl. VII*, *fig.* 6), armé de gonds pour soutenir la porte (*fig.* 7), vient se placer au dessus de cette ouverture et s'assemble avec la plaque, à l'aide de boulons et du collet qui règne tout autour de la base. On fixe les gonds à cette boîte en fonte, ainsi qu'un support en fer destiné à empêcher la porte de tomber en arrière lorsqu'on l'ouvre, comme l'indique la coupe (*Pl. VIII*, *fig.* 1), qui représente deux de ces portes, l'une fermée et l'autre ouverte. La *fig.* 6 représente en *a* la projection horizontale de la trémie, en *b* la coupe en travers et en *c* la projection verticale dans le sens de la longueur; cette pièce doit être moulée en châssis, et avoir seulement un demi-pouce d'épaisseur.

La *fig.* 7 représente la porte avec ses armatures en fer; *a* donne la vue en dessus, *b* la vue en dessous, *c* la coupe dans le sens de la longueur; cette porte doit se mouler également en châssis et être aussi mince que possible, le cadre intérieur *b* est seul plus épais pour donner plus de solidité à la porte.

La *fig.* 8 représente une embrasure ou chambranle d'une des portes latérales par où les fours se déchargent; elle s'adapte et s'assemble à boulons avec les plaques de devant (*fig.* 3); cette pièce reposant sur la plaque de fond n'a que trois côtés, *a* représente la projection horizontale et *b* la projection verticale vue de côté; elle est représentée en coupe dans les fours 1 et 2 (*Pl. VI*, *fig.* 1), en projection horizontale dans les fours 3 et 4, et y est en partie masquée par le mur extérieur dans lequel elle se trouve encastrée, en coupe et

projection latérale (*Pl. VIII, fig.* 1). Ce chambranle, qui doit avoir un demi-pouce à un pouce d'épaisseur, doit encore être moulé en châssis, à cause du collet ou rebord qui sert à l'assembler avec la plaque de devant des fours. Les portes latérales consistent en plaques carrées (*Pl. VII, fig.* 9, *a*, *b*, *c*, *d*), de mêmes formes que l'embrasure où elles viennent s'appliquer comme des tampons, à l'aide d'une anse ou poignée en fer fixée au milieu, et d'un instrument aussi en fer, dit *grand chariot*. Quand une de ces portes est placée en M (*Pl. VIII, fig.* 1), une espèce de petit tourniquet en fer N, adapté à la partie supérieure du chambranle, sert à la maintenir en place. Ces portes, moulées en châssis, doivent avoir au moins un pouce d'épaisseur, et comme elles sont les seuls points où les fours ne reçoivent pas de chaleur, on pourrait les disposer de manière à les garnir extérieurement de briques, comme les portes de fours anglais, afin d'empêcher les pertes de chaleur. Dans quelques endroits ces portes sont à battant comme celle des étouffoirs; mais la disposition qui vient d'être indiquée est préférable.

Le grand chariot, A, B, C (*Pl. VIII, fig.* 9), instrument destiné à manœuvrer ces portes, est une espèce de levier en fer appuyant sur deux petites roues également en fer, et présentant, à l'une de ses extrémités, une espèce de fourche dont les deux branches sont terminées par un crochet en forme de dents qui servent à saisir les portes par l'anse M, tandis qu'une espèce de queue en forme d'arc-boutant, placée à la partie inférieure de la fourche, sert à maintenir la porte saisie dans sa position verticale. Lorsque celle-ci est placée, on la lute tout autour avec de l'argile grasse, pour

empêcher l'air de pénétrer dans l'intérieur ; ce n'est qu'après cette opération qu'on charge le four.

Quand on décharge le charbon, on le reçoit dans des étouffoirs, composés de plaques en fonte comme les fours; chaque four doit donc avoir son étouffoir. Ces étouffoirs avaient d'abord été faits en tôle et étaient mobiles; mais, outre les difficultés de les bien boucher, ils avaient l'inconvénient d'être promptement rongés par l'acide pyroligneux du bois; on les a remplacés par des étouffoirs fixes et en fonte, qui n'ont pas les mêmes inconvénients; la *fig.* 1 (*Pl. VIII*) indique d'un côté la coupe d'un de ses étouffoirs, et de l'autre la projection dégagée de toute maçonnerie pour indiquer l'assemblage de toutes les pièces. Les *fig.* 2, 3, 4, 5 et 6 de la même planche donnent les détails des plaques qui les composent; le fond présente un rebord élevé qui règne tout autour, excepté dans l'emplacement de la porte ; il convient de ménager, comme pour les fours, aux plaques du fond et du dessus, d'autres petits rebords latéraux intérieurs pour empêcher les plaques de côté de tomber en dedans.

La *fig.* 7 représente la porte qui s'applique, à l'aide de gonds et pentures, à la plaque du devant (*fig.* 5). Le dessus se ferme par un couvercle (*fig.* 8), armé d'une poignée qui sert à l'enlever à l'aide d'un autre instrument en fer analogue au précédent, et appelé le *petit chariot* (*fig.* 10, D et R). Il est indiqué en R au moment où il saisit la poignée Q du couvercle de l'étouffoir. Quand le charbon est introduit dans l'étouffoir, on lute la porte latérale et le couvercle, afin d'empêcher ainsi tout courant d'air qui permettrait au charbon d'y brûler. Ces étouffoirs sont posés sur des

piliers en briques (*voy. Pl. VI, fig.* 2), de manière à laisser le dessous vide, afin de pouvoir y introduire les paniers dans lesquels on reçoit le charbon pour le charger dans le fourneau. Les intervalles entre les étouffoirs et l'appareil doivent être maçonnés. On pourrait se dispenser, si on voulait, de mettre les plaques de côté aux étouffoirs, en les remplaçant par de la maçonnerie, ainsi que cela a été exécuté plusieurs fois; mais il me paraît plus convenable de faire les étouffoirs entièrement en fonte.

La porte supérieure des fours, celle des étouffoirs et leurs couvercles sont exactement de mêmes dimensions et ne diffèrent que par leurs armatures; le même modèle sert donc pour les trois pièces. Il serait bien préférable, et ce serait chose facile, lorsque les circonstances le permettront, de mouler les cadres des fours et des étouffoirs d'une seule pièce, le fond et le dessus seuls à part; on obtiendrait ainsi plus de solidité et on éviterait les joints des angles, dont les vapeurs acides détruisent à la longue le mastic, principalement dans les étouffoirs, où on est quelquefois obligé de le remplacer par du mortier ou de l'argile. On renforcerait alors les angles, en y laissant de petits coins. A Montblainville, pour préserver les angles de la base des fours, on les a enveloppés de maçonnerie, de manière qu'il n'y a que les intervalles où la flamme peut pénétrer pour circuler autour des fours. Cette maçonnerie forme une croix qui embrasse à la fois les quatre coins des fours voisins.

Un intervalle de 4 à 5 pouces est ménagé entre les fours et les murs extérieurs pour la flamme et les gaz, et des retraites dans la maçonne-

rie inférieure, tenue plus épaisse, sont ménagées en face des ouvertures des plaques de fond pour les y faire également arriver par les deux côtés des portes (*voyez Pl. VIII, fig.* 1). Une cheminée d'appel est placée à l'extrémité; le tirage doit s'y faire dans l'intérieur de l'appareil par au moins trois carneaux, comme l'indique le plan (*Pl. VI, fig.* 1), qui se réunissent en une seule cheminée, afin de diviser convenablement la flamme dans l'intérieur de l'appareil, et empêcher que la chaleur ne se porte trop sur un seul point aux dépens des autres. Ces carneaux ou ouvreaux doivent avoir chacun un registre, qui permette de diriger le tirage à volonté par tel ou tel d'entre eux. La section intérieure de la cheminée doit être d'au moins deux pieds carrés, surtout pour les fourneaux de grande dimension, et sa hauteur de 10 à 12 pieds au-dessus du niveau du gueulard; elle est terminée à la partie supérieure par un registre qui sert à diriger convenablement le tirage; cette cheminée, dans la *fig.* 2, est, ainsi que les tuyaux d'appel en tôle, supposée coupée pour gagner de la place sur la planche, tandis qu'elle est figurée dans toute sa hauteur dans la *fig.* 3, qui indique en même temps comment les carneaux inférieurs latéraux viennent se réunir dans la cheminée. Dans l'origine, le tirage se faisait à l'aide de deux tuyaux en fonte qui traversaient les fours; mais cela avait l'inconvénient de porter trop de chaleur sur les points en contact et de rendre la carbonisation irrégulière et trop rapide. La partie supérieure, à l'exception des portes, est recouverte de six ou huit pouces de maçonnerie, dans laquelle on ménage entre les intervalles des fours des ouvreaux que l'on bouche

avec des tampons en fonte ou avec des briques en coins, et que l'on peut ouvrir à volonté, afin de pouvoir établir sur tel ou tel point des fours un courant qui y élèverait la température s'il était nécessaire; du reste, il faut avoir soin de les fermer au moment où on défourne, parce que les fours pourraient s'échauffer trop et les taques se tourmenter. Ces ouvertures servent en même temps pour nettoyer les intervalles des fours, que dans beaucoup de localités la sublimation des matières volatiles, entraînées par le courant de gaz du fourneau, ne tarderait pas à obstruer, si on n'avait pas le soin de les enlever de temps en temps.

Tous les joints des fours, comme des étouffoirs, doivent être mastiqués avec soin, de manière à ne laisser pénétrer l'air nulle part. Le mastic le plus convenable pour cela se compose de six ou sept parties de limaille de fonte ou de fer, mais de préférence de fonte, de une de blanc de céruse et de une ou deux d'argile réfractaire; on mêle le tout avec du vinaigre. Lorsque ce mastic ne sèche pas trop vite, et que la limaille a le temps de s'oxider, et c'est dans le but de faciliter cette oxidation qu'on emploie du vinaigre, il devient extrêmement dur et peut résister au feu le plus violent, sans s'altérer comme les mastics où il entre des matières volatiles, telles que le soufre, l'ammoniaque, etc.

Dans la *fig.* 1 (*Pl. VI*) les fours 1 et 2 sont supposés coupés horizontalement à la hauteur des portes latérales; ceux 3 et 4 le sont au-dessus de ces mêmes portes; ceux 5 et 6 présentent leur projection avec les plaques supérieures sans maçonnerie, le four 6 présente de plus la trémie qui soutient la porte; enfin, les fours 7 et 8 sont

la projection avec maçonnerie, tels qu'ils sont quand l'appareil est tout à fait terminé. En arrière du plan est indiquée la section horizontale des trois carneaux de tirage pour la flamme. L'appareil n'est pas placé sur ce plan encore assez en arrière du gueulard; c'est l'exiguité de la planche qui a forcé de l'indiquer ainsi.

Comme les gaz qui s'échappent du fourneau ne sont pas toujours enflammés, et qu'ils ont besoin pour devenir inflammables d'être mélangés d'une certaine quantité d'air atmosphérique, il faut avoir soin de ménager dans la maçonnerie qui entoure l'appareil, et principalement vers les points par où ces gaz s'introduisent dans l'appareil, c'est-à-dire vers le gueulard, un certain nombre d'ouvertures de un à deux pouces, que l'on peut boucher si on le juge convenable; elles servent à faire arriver l'air atmosphérique pour faciliter l'inflammation des gaz; on peut dire, en général, que l'inflammation des gaz s'opère d'autant mieux que les ouvertures pour l'introduction de l'air sont plus multipliées; et comme, dans les circonstances dont il s'agit, il ne faut pas un tirage très-actif, mais seulement suffisant pour appeler la flamme à prendre la direction de l'appareil, on n'a pas à craindre qu'il s'introduise dans l'appareil trop d'air froid, qui y produirait un certain refroidissement.

Dans la *fig.* 2, les fours 1 et 2 sont représentés fermés à la partie supérieure, et ouverts à la partie inférieure, comme s'ils venaient d'être déchargés; les fours 7 et 8, au contraire, sont fermés à la partie inférieure ou latéralement, et ouverts à la partie supérieure, comme si on allait les charger. Dans la *fig.* 3, la partie supé-

rieure de la cheminée du gueulard a été supposée enlevée, pour laisser voir la disposition du dessus des fours et des tuyaux qu'elle aurait masqués; les étouffoirs n'y sont figurés qu'en partie, à cause de la planche qui n'aurait pu les contenir en entier.

La disposition des fours entre eux, je l'ai déjà dit, est tout à fait arbitraire et dépend de l'emplacement; à Haraucourt, par exemple, où l'appareil a été construit avec beaucoup de soins et d'intelligence par le contre-maître de l'usine, Baudelot, tous les fours ont été placés sur une arche en maçonnerie indépendante de la tour du fourneau et sur une même ligne, et de telle manière qu'on a pu conserver encore l'un des deux fours à chaux qui étaient établis sur le gueulard, où il continue de fonctionner à l'aide d'une partie seulement de la flamme du gueulard. Il faut qu'un manteau ou hotte en tôle ou en briques, selon les circonstances, surmonte les portes latérales des fours, pour enlever la fumée épaisse qui se dégage au moment où on décharge le charbon et qui incommoderait les ouvriers. A Montblainville, cependant, on s'est dispensé de mettre des manteaux aux fours, en laissant le plancher supérieur ouvert tout le long de l'appareil.

De la carbonisation et des soins et précautions à y apporter.

Dans le commencement, le bois amené à l'usine y était débité à la main, en morceaux de cinq à six pouces de longueur, appelés *biblots* ou *bilboquets*; lorsque les rondins étaient trop gros pour être coupés d'un seul coup de hache, ils étaient

d'abord fendus, les plus gros morceaux étaient seuls sciés à la main. Cette opération de l'émincage du bois, qui n'était pas sans quelques inconvénients, exigeait un grand nombre d'ouvriers et par suite une main d'œuvre assez élevée, et ne pouvait convenir que dans les commencements de l'application du procédé; mais du moment que l'opération n'a plus été douteuse, on a songé à remplacer ce mode vicieux de découper le bois par un moyen fort simple et peu dispendieux, l'emploi des scies circulaires. Une de ces scies, dont l'établissement ne s'élève pas à mille francs, et qui n'exige guère pour être mise en mouvement qu'une force égale à celle d'un bon cheval, ou de deux chevaux au plus, si, comme cela est préférable, on veut lui donner une vitesse de 7 à 800 tours par minute, peut facilement en travaillant douze heures par jour débiter assez de bois pour alimenter un fourneau; elle exécute, à l'aide d'un seul ouvrier et de son manœuvre, autant de travail que 25 à 30 hommes. Le découpage à la main, outre qu'il avait l'inconvénient de rendre une partie du bois trop menu, le réduisait souvent en éclats, et en se desséchant et se carbonisant il se divisait en partie en copeaux, et passait plus facilement en fraisil, ce qui n'a pas lieu par l'emploi des scies circulaires, qui donnent des morceaux plus réguliers et par suite un charbon plus homogène.

Le dégagement des gaz et des matières volatiles du bois s'opérant particulièrement dans le sens des fibres, pour que l'opération de la carbonisation se fasse plus facilement, il ne convient pas de laisser aux morceaux trop de longueur; 5 ou 6 pouces au plus sont des dimensions

qui conviennent non-seulement pour faciliter la dessiccation et la torréfaction du bois, mais encore elles sont très-convenables pour le haut-fourneau, parce que des charbons de ces dimensions se marient mieux et laissent moins de vides entre eux que s'ils étaient plus longs; ils soutiennent donc mieux la mine et la castine et les empêchent de tamiser. Il est nécessaire aussi, et cela est très-facile à pratiquer, d'assortir les bois, afin de carboniser à part les gros, les moyens et les morceaux fendus, car, bien que l'évaporation se fasse dans le sens des fibres du bois, on obtient de cette manière une carbonisation plus régulière, et de meilleure qualité; enfin il conviendrait peut-être aussi de séparer les essences de bois, de manière à carboniser séparément les bois blancs et les bois durs. Les morceaux provenant des grosses bûches peuvent être facilement refendus. M. Duplessis a imaginé à ce sujet, dans son usine de Seveux (Haute-Saône), un instrument fort simple et très-commode, qui se compose de lames d'acier formant une croix et fixées dans un bloc de bois. Un enfant prend les morceaux et les place d'une main sur la croix ou sur l'une des lames, tandis que de l'autre il frappe dessus avec un maillet de bois pour les diviser en quatre ou seulement en deux, selon les dimensions du morceau.

Dans les Ardennes, une corde de bois (double stère) donne en biblots 25 paniers ou respes mesurés comme ceux qu'on charge dans le fourneau; ces 25 respes doivent en rendre 16 $\frac{1}{2}$ environ après la carbonisation. Il faut avoir soin de ne pas émincer une trop grande quantité de bois à la fois, parce que s'il devait rester

trop longtemps entassé, l'air ne pouvant circuler à travers la masse, le bois s'échaufferait, se picoterait et passerait, surtout s'il était exposé à la pluie ou à l'humidité; il perd alors une partie de ses qualités et de son pouvoir calorifique; il est évident qu'il y a dans ce cas fermentation et réaction d'une partie des éléments constitutifs du bois qui en change la nature, ce qu'il faut prévenir. Il est facile de ne découper qu'au fur et à mesure des besoins, c'est-à-dire de n'avoir du bois découpé que pour 15 jours ou trois semaines à l'avance, de renouveler successivement les tas, et de les préserver des intempéries atmosphériques qui devraient se prolonger trop longtemps.

Le bois se chargeant par la partie supérieure des fours, il est nécessaire, pour rendre cette manœuvre facile aux ouvriers, d'établir un plancher qui leur permette de circuler tout autour, tandis que l'opération du déchargement des fours se fait en dessous et au niveau du plancher qui sert ordinairement pour le chargement du fourneau. Il faut que ce second plancher, dont le niveau est indiqué sur les plans (*Pl. VI*, *fig.* 2 et 3) et (*Pl. VIII*, *fig.* 1), soit assez élevé au-dessus des portes latérales des fours, pour que la manœuvre des ouvriers ne soit pas trop gênée. Le bois se charge donc en dessus de ce plancher et se décharge en dessous. Lorsque tous les fours sont disposés sur une seule ligne comme à Haraucourt, ce second plancher n'est nécessaire que du côté où se fait le chargement, et dans ce cas c'est par derrière, le devant des fours reste libre. Le bois émincé est mis dans des respes pour être amené à la partie supérieure du four-

neau, où il doit être chargé dans les fours, soit à l'aide d'une grue et d'un treuil comme aux Bièvres et à Seveux, soit comme à Montblainville à l'aide d'un treuil et d'une grande roue en bois, analogue à celle dont on fait usage dans les carrières des environs de Paris (un seul homme, le chargeur, suffit ici pour monter le bois et la mine qui sont amenés dans le bas par un autre ouvrier), soit enfin de toute autre manière, selon que les localités indiqueront tel ou tel moyen comme plus commode, plus économique ou plus facile à établir et à pratiquer.

Avant de charger le bois dans les fours, on place la porte latérale, dont on lute bien les joints avec de la terre glaise, pour empêcher l'air de pénétrer; puis, lorsque le four est plein, on referme la porte supérieure, qu'il n'est pas nécessaire de luter. La vapeur d'eau contenue dans le bois ne tarde pas à se dégager; puis succède une fumée épaisse, noire, qui sent la suie, et qui devient ensuite blanchâtre, claire, très-piquante et styptique, elle prend alors à la gorge lorsqu'on la respire; c'est le signe auquel les ouvriers reconnaissent que la carbonisation est arrivée au point convenable. Au reste, il leur suffit de quelques jours de pratique et d'expérience pour reconnaître facilement, à la couleur et à l'odeur de la fumée, si l'opération est ou non assez avancée. Elle dure de deux à quatre heures, et quelquefois plus, quand les fours sont modérément échauffés. Si elle durait moins de deux heures, cela indiquerait que les fours reçoivent trop de chaleur, circonstance qu'il faut éviter avec soin; car, dans une carbonisation trop rapide, il se dégage, avec les matières volatiles, des ma-

tières comburantes, et la carbonisation est toujours moins régulière; tandis que, quand l'opération est conduite lentement, elle donne un charbon plus homogène, avec moins de perte de carbone. Aussi, quand il n'y a pas d'appareil à air chaud au-dessous de celui à carboniser, il convient de le remplacer par une voûte crénelée, afin d'éviter que la flamme n'arrive en trop grande masse sur quelques points des fours, qui pourraient en souffrir, et ne leur communique une trop forte chaleur, qu'il faut se ménager, d'ailleurs, les moyens de diriger à l'aide des registres et ouvreaux dont j'ai parlé précédemment, en augmentant ou diminuant le tirage selon les besoins.

Pour être bien carbonisé, le bois doit être noir ou d'un brun café plus ou m ins foncé, dans l'intérieur comme à la surface; il doit pouvoir facilement se pulvériser; il faut avoir soin de ne pas s'en rapporter à la surface, qui peut quelquefois n'être que noircie par la fumée, lorsque le bois serait encore blanc intérieurement; alors la carbonisation ne serait pas assez avancée. En général, quand la carbonisation est faite avec assez de lenteur, quatre ou cinq heures, par exemple, elle se fait très-uniformément dans toutes les parties du four, aussi bien dans l'intérieur de la masse et à la partie supérieure, que dans les points de contact avec les plaques. Le seul endroit où quelques morceaux échappent quelquefois à une carbonisation complète, c'est en face de la porte latérale, continuellement rafraîchie par le froid atmosphérique; aussi conviendrait-il de disposer cette porte, ainsi que je l'ai dit, comme celles des fours anglais, c'est-à-dire de la revêtir de briques; au reste, cela n'a aucun inconvénient, car il arrive

souvent que les ouvriers défournent le bois beaucoup plus tôt qu'il ne conviendrait de le faire, sans qu'il en résulte pour cela de dérangement dans la marche du fourneau ; cependant il ne faudrait pas que la chose fût habituelle.

Pour décharger un four, les ouvriers enlèvent d'abord la porte latérale de celui-ci et le couvercle de l'étouffoir correspondant, avec les grand et petit chariots, et les roulent à la partie supérieure de l'étouffoir; puis, à l'aide d'un crochet en forme de râteau, ils attirent le charbon pour le faire tomber dans l'étouffoir; ce râteau doit avoir trois ou quatre dents arrondies, larges d'un pouce, et disposées de manière à ce que le bois ne puisse se loger dans l'intervalle des dents; quand le four est en partie déchargé, ils ramènent ce qui reste avec un râble. Pendant cette opération il arrive souvent que le contact de l'air fait enflammer le charbon; il faut que l'aide-charbonnier ait aussitôt soin d'asperger légèrement avec un peu d'eau, dont il doit avoir un seau toujours prêt, les parties enflammées : la vapeur d'eau qui se forme alors étouffe et éteint très-facilement la flamme, puis on referme l'étouffoir, qu'on lute avec de l'argile et avec soin. Le charbon s'y éteint et s'y refroidit lentement, et l'opération de la carbonisation s'y achève en vertu de la chaleur acquise au charbon dans les fours et elle y devient plus complète, en sorte que le charbon est encore mieux carbonisé et plus homogène après avoir séjourné plus ou moins longtemps dans les étouffoirs qu'à sa sortie immédiate des fours.

Pendant quelque temps, aux Bièvres, les fours avaient été divisés en deux étages, séparés par une espèce de trappe qui s'ouvrait en forme de

glissoir et à l'aide de rainures. Tandis que la carbonisation s'opérait dans l'étage inférieur beaucoup plus échauffé et en contact immédiat avec la flamme, elle se préparait à l'étage supérieur, où le bois commençait à se dessécher. Lorsque les biblots de la partie inférieure étaient convenablement carbonisés, ils étaient déchargés et reçus dans l'étouffoir, puis remplacés par ceux de la partie supérieure qu'on y faisait arriver en ouvrant la trappe qui formait la séparation, et que l'on refermait ensuite pour recevoir une nouvelle charge de biblots qui se préparaient pendant que ceux de la partie inférieure achevaient de se carboniser. On a renoncé à cette manière assez compliquée de procéder, parce qu'elle exigeait beaucoup trop de soins et d'attention de la part des ouvriers, choses qu'il est toujours difficile d'obtenir d'eux, même avec la surveillance la plus active.

De la marche des hauts-fourneaux.

La marche des hauts-fourneaux n'a pas beaucoup changé par l'emploi du nouveau procédé; la forme et toutes les autres conditions sont restées les mêmes; leur allure seulement s'est très-sensiblement améliorée; le travail est devenu plus facile, la température plus élevée, l'ouvrage plus clair et plus dégagé, et les tuyères plus brillantes. Cependant il est nécessaire d'augmenter la pression du vent. A Montblainville, on s'en est très-bien trouvé; aux Bièvres, M. Fauveau a remplacé la buse de 24 lignes par une autre de 20, et s'en est également bien trouvé; la marche du fourneau en a été à la vérité un peu ralentie; mais elle était meilleure et la fonte plus belle, plus chaude,

et l'ouvrage plus tranquille. La flamme a paru aussi être moindre à la partie supérieure. Ces changements, que j'avais conseillés, sont la conséquence naturelle de la nature du nouveau combustible, qui, étant plus dense, plus lourd et plus compacte que l'ancien, pourra supporter une plus forte pression et une plus grande quantité de vent, qui permettra d'accélérer la marche du fourneau.

Dans les commencements, les chutes de mine étaient assez fréquentes; elles s'annonçaient par un changement subit dans la nature des laitiers, qui devenaient verts ou noirs, boursouflés, ou ressemblaient à des scories de forge; ils perdaient tout à fait leur viscosité, et flottaient quelquefois assez violemment à l'avant du fourneau. Dans ces circonstances, le vent ayant peine à pénétrer dans la cuve à travers l'ouvrage obstrué par la mine, cherche à se faire jour par devant, et projette le laitier, avec la mine et le charbon, quelquefois avec beaucoup de force. Le fourneau a alors la *chite*, disent les ouvriers. Une partie du fer passe dans les scories, qui deviennent très-corrosives, et qui, suivant leur langage très-expressif, *mangent la fonte*, dont il se produit fort peu en effet, et quelquefois même pas du tout; cela tient à ce que, la température baissant beaucoup, les minerais se fondent avant de se réduire et passent à l'état de silicates dans les laitiers. Ces accidents étaient particulièrement dus à l'emploi du bois trop peu carbonisé, car on les a toujours fait disparaître en poussant davantage la carbonisation. On peut juger par ces faits, qui se sont présentés fréquemment dans le principe, des inconvénients qui pourraient

résulter de l'emploi du bois cru ou seulement desséché; tandis qu'en carbonisant convenablement, comme on le fait aujourd'hui, on obtient une marche parfaitement régulière.

Au reste, ces accidents ont souvent été déterminés aussi par l'emploi de l'air chaud, qui rend généralement les chutes de mine plus fréquentes, et voici comment on peut se les expliquer. Le but de la projection du vent chaud dans un fourneau est d'augmenter la charge en minerai sans changer la proportion de charbon, ce qui revient à obtenir une diminution dans l'emploi de celui-ci; or, il arrive souvent que, si la cuve du fourneau est très-large, la nappe de charbon qui doit soutenir la charge de mine se trouve trop faible pour la soutenir à mesure qu'elle augmente, et comme, en raison de sa pesanteur spécifique plus grande, la mine tend à descendre perpendiculairement, tandis que le charbon, plus léger, se porte vers la circonférence, il s'établit dans le fourneau une espèce d'entonnoir où la mine et la castine peuvent se précipiter en plus grande portion que le charbon, qui ne peut plus supporter la charge; c'est ainsi que j'ai reconnu que se faisaient principalement les chutes de mine, lorsqu'elles n'avaient pas lieu par suite d'attachement ou de dégradation intérieure du fourneau.

J'ai été à ce sujet témoin d'un fait bien extraordinaire et bien désastreux, au haut-fourneau de Signy-le-Petit (Aisne). Le propriétaire, M. Barnehin, qui jusque-là n'avait pu réussir à employer l'air chaud, m'avait prié de venir diriger les premiers essais. Lorsque j'arrivai, il y avait trois semaines que le fourneau avait été mis à

feu, et marchait assez bien, quoiqu'il ne fût pas encore tout à fait arrivé à sa portée de mine. Lorsque nous substituâmes l'air chaud à environ 280° centigrades, on aperçut une amélioration bien sensible dans la marche du fourneau, et pendant les huit premiers jours les essais avaient on ne peut mieux réussi, la fonte était très-belle et très-chaude, la portée de mine avait toujours été croissant, lorsque tout à coup des chutes se déclarèrent avec une telle intensité, qu'il n'y eut pas moyen de les arrêter; la mine tamisait et arrivait crue dans l'ouvrage, et le refroidissait en l'obstruant complétement; la tuyère se recouvrait continuellement d'une voûte de scories noires qui, interceptant le vent, le faisaient refluer par le devant du fourneau, qui se trouvait en partie ouvert par le mauvais état de la tympe, laquelle, étant toute dégradée, devait être renplacée le lendemain; aussi tous les matériaux étaient chassés par-là avec violence, et ressemblaient à un bouquet d'artifice ou à une éruption de volcan qui empêchait de pouvoir approcher du creuset. Dans cet état de choses, le fourneau n'aurait pu se maintenir deux heures à l'air froid; plusieurs fois, lorsque la tuyère paraissait tout à fait éteinte et bouchée, j'étais parvenu à la ranimer et à la rétablir en bon état, en y faisant projeter de la houille crue; mais comme rien ne put arrêter les chutes de mine, qui recommençaient toujours avec plus de force, et que ce phénomène, qui dura pendant plus de huit heures, ne se serait terminé que quand tout ce que contenait le fourneau aurait été projeté au dehors, il fallut suspendre les charges, puis ensuite arrêter tout à fait. Le propriétaire dans sa mauvaise humeur, assez natu-

relle d'ailleurs, s'en prit à l'air chaud, même à moi, quoique nous eussions procédé avec la plus grande circonspection et d'un commun accord, et que déjà ces sortes d'accidents se fussent présentés plusieurs fois chez lui pendant qu'il marchait à l'air froid. La cuve, qui avait été faite beaucoup plus large que de coutume, avait été la principale cause déterminante de l'accident; car, pour éviter avec l'air chaud les chutes de mine, il convient de diminuer au contraire les dimensions de la cuve ou d'augmenter les charges à mesure que la portée de mine augmente. Ainsi au fourneau de Lavache (Nièvre), qui appartient à M. le marquis de Vergennes, je suis parvenu à faire cesser des accidents semblables (1), quoique beaucoup moins intenses à la

(1) Pendant que j'étais à Lavache, un autre accident survint : un des engrenages de la roue s'étant brisé, les ouvriers perdirent la tête, et, au lieu de boucher, ils se disposaient déjà à enlever la dame pour faire sortir tous les matériaux et sauver, disaient-ils, le fourneau, lorsque je fus appelé. Leur faire enlever toute la mine pâteuse du creuset, le remplir de charbon, puis boucher exactement avec du fraisil par en haut et par en bas, monter à cheval, aller prendre la poste à la Charité pour me rendre à Nevers, et y faire mouler un autre engrenage, revenir ensuite en poste, fut l'affaire de quelques heures; néanmoins le nouvel engrenage ne put être replacé qu'au bout de quatre-vingts heures; aussi les ouvriers, qui n'avaient jamais vu arrêter un fourneau complétement enminé plus de vingt-quatre à trente heures, le croyaient bien perdu; et, en effet, lorsqu'on voulut remettre le vent, tout le travail était pris, et il fut impossible de percer les tuyères. Je fis pratiquer alors deux trous à la hauteur des étalages, et y dirigeai le vent; puis on fraya une petite ouverture sur le devant en brisant une partie de la tympe; insensible-

vérité, en portant la charge de 10 paniers de charbon à 12, et en la faisant toujours augmenter à mesure que la proportion de mine augmentait. Elle a été portée de cette manière successivement à 13 et à 14 paniers, et il en est résulté que toutes les chutes ont cessé, que le fourneau a pris une marche plus régulière, que l'ouvrage a acquis plus de chaleur, et que la mine a rendu proportionnellement plus de fonte.

L'expérience a démontré que par l'emploi du nouveau procédé la marche des fourneaux était sensiblement activée, et qu'elle l'a été dans quelques endroits d'un tiers, en même temps que les produits sont améliorés, que la fonte, toutes choses égales, est généralement plus grise, plus chaude, plus tenace, plus douce au travail, donnant moins de déchet et une meilleure qualité

---

ment la chaleur se rétablit dans le fourneau, l'air chaud dégagea peu à peu le travail, où l'on fit descendre successivement les tuyères à mesure qu'il se débarrassait; au bout de vingt-quatre heures, elles étaient rétablies dans leur ancienne place, et le fourneau marchait bien, sauf le rétrécissement du creuset qui reprit plus tard ses dimensions. La semaine qui suivit la reprise produisit encore 38,000 kilogrammes de fonte. Il est bien certain que, sans l'emploi de l'air chaud, le fourneau serait resté plein, et qu'on aurait eu bien de la peine à le mettre hors. J'ai remarqué que, pendant ce temps d'arrêt, une partie du charbon contenu dans le fourneau s'était consommée, quelque précaution qu'on ait prise pour intercepter tout courant d'air, en sorte que, ne se trouvant plus en rapport avec la quantité de mine, et la température ayant baissé, celle-ci ne put se réduire et passa toute dans les scories : ce ne fut qu'après qu'une partie des charges contenues dans le fourneau furent passées, qu'il commença à s'y produire de la fonte.

de fer à l'affinage, soit à la houille, soit au charbon de bois. MM. Fort et Guillaume, qui ont appliqué le procédé à leur haut-fourneau de Haraucourt, s'exprimaient ainsi à ce sujet, dans une lettre adressée récemment par eux à M. Houzeau : « La qualité » de notre fonte a été notablement améliorée par » l'emploi du nouveau procédé ; elle est beaucoup » plus douce et plus homogène; on peut la limer, la » forer, la roder, etc., avec la plus grande facilité.» Résultats qui tous ont été confirmés par M. Villeminot-Huard, de Reims, qui emploie journellement les fontes de Haraucourt. « La marche du » fourneau, ajoutaient encore ces messieurs, était » plus régulière et le travail plus facile pour les » ouvriers.» En effet, les tuyères deviennent claires, jettent beaucoup d'éclat, et la fonte acquiert une fluidité souvent extraordinaire. M. Dollin-Dufresnel, propriétaire de l'usine de Maucourt, près Stenay (Meuse), m'écrivait aussi à la fin de 1835, à ce sujet, que la limpidité de sa fonte avait singulièrement augmenté depuis qu'il faisait l'essai du nouveau procédé, circonstance qui a été également observée dans les autres localités. Enfin, la fonte des Bièvres, qui n'avait jamais pu être employée en seconde fusion, peut remplacer aujourd'hui en partie et même en totalité, pour cet objet, les fontes anglaises et belges.

Emploi du nouveau procédé de carbonisation dans les feux d'affinerie.

Ce procédé n'est pas seulement applicable pour les hauts-fourneaux, il l'est encore avec beaucoup d'avantages dans les feux d'affinerie. Les essais qui ont été faits à ce sujet, et qui sont poursuivis

avec beaucoup de soin et de discernement par M. Lorcet, à Senuc, ont démontré que les économies en combustible n'étaient pas moins considérables dans l'opération importante de la conversion de la fonte en fer malléable que dans celle de la réduction et de la fusion des minerais, et ont démontré aussi que les produits sont peut-être supérieurs à ceux fournis par l'ancienne méthode; mais il a été reconnu en même temps qu'il fallait pousser la carbonisation plus loin que pour l'usage des hauts-fourneaux, et que le point le plus convenable était celui où le bois avait diminué de moitié en volume, parce qu'il ne faut pas qu'il y ait du tout de fumerons; aussi n'obtient-on à la carbonisation que 40 pour % d'économie au lieu de 50; cette perte, au reste, est bien compensée et au delà, par une dépense de un cinquième de charbon en moins dans l'opération de l'affinage, qui est plus rapide, plus facile, et donne par cela même un peu moins de déchet en fer.

Cette différence, entre la consommation du charbon ancien et du nouveau, tient nécessairement à ce que celui-ci possède, ainsi qu'il a été reconnu par M. Houzeau, un pouvoir calorifique beaucoup plus considérable que celui obtenu par les procédés anciens; de telle sorte que, développant une chaleur beaucoup plus vive et hâtant l'opération de l'affinage, il diminue relativement la consommation du combustible.

En résumé, les avantages obtenus par l'application du nouveau procédé dans les foyers d'affinage, comparés à l'ancien, sont : que par le nouveau procédé on ne consomme plus que 5 $\frac{3}{4}$ cordes (doubles stères) de bois pour obtenir 1.000 kilogrammes de fer, tandis que par l'ancien on

dépense 9 kilolitres de charbon, déchet en halles compris, pour obtenir la même quantité de fer : or, ces 9 kilolitres de charbon correspondent à 12 ½ cordes (doubles stères) de bois. L'économie en combustible, obtenue dans l'opération de l'affinage, est donc encore plus considérable que dans celle de la fusion des minerais. A Senuc, c'est du charbon de bois blanc, à l'ancien comme au nouveau procédé, qu'on emploie pour l'affinage. Le bois blanc rend ordinairement, par la carbonisation des forêts, un dixième de charbon de plus en volume que les autres essences de bois, ce qui tient à ce qu'il renferme moins de menu bois et surtout moins de tortillard, et se corde par conséquent mieux.

Les fours pour la carbonisation se construisent au-dessus et en arrière du foyer; on leur donne des dispositions analogues à celles indiquées pour les hauts-fourneaux, et comme la chaleur développée par les gaz qui s'échappent des foyers d'affinerie est relativement plus considérable que celle produite par ceux qui se dégagent des hauts-fourneaux, cette chaleur aussi est plus que suffisante pour produire la carbonisation de la quantité de bois nécessaire à leur alimentation. Les fours construits à Senuc par MM. Lorcet et Fauveau, sont à fond plat, reposant sur les murs latéraux par les deux extrémités des plaques de fond plus grandes que les fours qui en occupent le milieu. Pour les préserver de la trop grande chaleur, une voûte en briques, percée de distance en distance de créneaux par lesquels peut pénétrer la flamme que l'on peut diriger ainsi à volonté, a été construite au-dessous des fours.

A la rigueur, deux fours suffiraient pour le service du foyer; mais comme il importe que le charbon soit complétement refroidi avant de l'employer, pour éviter que celui que l'ouvrier place en réserve sur la plaque du foyer ne s'enflamme, ce qui arriverait nécessairement si on l'y mettait encore chaud comme on le fait dans le haut-fourneau, il est bon d'en construire trois ou quatre; il serait facile même, dans les usines où il y a des affineries près d'un haut-fourneau, d'en construire un plus grand nombre, qu'on pourrait utiliser en cas de besoin pour le service de celui-ci. Les fours des affineries de Senuc ont une plus grande capacité que ceux du haut-fourneau qui marche à l'air froid et en fonte blanche. Ils ont un mètre deux tiers cubes, et cependant la carbonisation s'y fait également bien et régulièrement.

Prix de revient des appareils à carboniser.

Je ne terminerai pas ce mémoire sans examiner le prix de revient des appareils, dont beaucoup de maîtres de forges s'exagèrent le haut prix. Les détails qui suivent sont les données un peu enflées de ce qu'ont coûté à établir, en moyenne, les fours à carboniser de Senuc et des Bièvres. Par exemple, les prix de la fonte et du fer ont été élevés pour les mettre d'accord avec le prix moyen en France; au reste, les chiffres que je donne devant servir de base aux calculs à faire, ceux-ci pourront différer en plus ou en moins selon les localités.

Détail des pièces qui composent un four.

		kilogr.	
1	taque pour le fond	400	1.550 kilogr.
2	*id.* pour le devant et le derrière	450	
2	*id.* pour les côtés	450	
1	*id.* pour le dessus	100	
2	châssis pour les portes	100	
2	portes, pour le haut et le bas	50	

Détail des pièces d'un étouffoir.

		kilogr.	
1	taque de fond	175	775 kilogr.
1	*id.* de dessus	150	
2	*id.* de derrière et de devant	200	
2	*id.* de côté	200	
2	portes	50	

Total . . . . 2.325 kilogr.

	fr.	c.
A 300 fr., les 1.000 kilogr. font par four . . .	697	50
Fer pour boulons et armatures des portes, 50 kil. à 450 fr . . .	22	50
Tôle pour cheminée et tuyaux, 30 kil. à 800 fr. .	24	»
1.000 briques ordinaires à 20 fr. . . .	20	»
130 *id.* réfractaires à 30 fr. . . .	3	90
Main-d'œuvre aux serruriers et aux maçons. . .	50	»
Total du prix de revient d'un four.	817	90

Maintenant il suffit de multiplier cette somme par le nombre de fours que l'on veut construire, et l'on aura, à très-peu de chose près, le prix que coûtera l'appareil à carboniser; ainsi, par exemple, d'après ces données, un appareil de 8 fours reviendrait à . . . . . 6.543 fr. 20 c.

à quoi il convient d'ajouter 600 kil. de fer pour l'armature et l'assemblage de toute la maçonnerie, soit. . . .	270	»
et les frais de charpente et de maçonnerie que nécessiteront les localités pour le service des fours, et disposer leur emplacement, soit pour ces deux objets.	1.186	80
Total.	8.000 fr.	» c.

Un appareil de huit fours ne coûtera donc au *maximum* que 8.000 fr. : or, pour le système de l'air chaud, la plupart des appareils, à l'exception de celui de M. Taylor, qui ne coûte que 3.500 fr., ont coûté autant et même plus à établir, sans procurer cependant des avantages à beaucoup près aussi considérables; ce n'est donc pas ce qui pourra arrêter les maîtres de forges dans l'adoption du procédé. Si on voulait monter les deux systèmes à la fois, alors ils n'iraient pas ensemble à plus de 10.000 fr., la plupart des dépenses devenant dans ce cas communes aux deux objets.

Résumé et observations générales.

Plusieurs choses sont démontrées par tout ce qui précède et sont confirmées par une expérience de deux années aux Bièvres et autres localités : 1° l'économie en combustible sur la carbonisation est de plus de moitié, soit au haut-fourneau, soit au feu d'affinerie; 2° pour les hauts-fourneaux, un volume de nouveau charbon équivaut à un volume égal d'ancien, et produit au moins la même quantité et qualité de fonte; 3° dans les affineries, au contraire, un volume de charbon nouveau produit plus d'effet qu'un volume égal de charbon ancien, ce qui est certainement dû, ainsi que je l'ai déjà dit, à son pouvoir calorifique, qui est plus considérable que celui du charbon ordinaire. Si la même différence, à ce sujet, n'est pas aussi sensible dans les hauts-fourneaux, cela s'explique en ce que les nouveaux charbons qu'on charge dans ceux-ci, étant toujours moins avancés que ceux dont on se sert dans les foyers de forge, conservent encore

souvent une certaine proportion de matières volatiles qui n'ont pu être chassées par la carbonisation parfois incomplète des fours, lesquelles, en se volatilisant, compensent en partie l'excès de chaleur du nouveau charbon sur l'ancien, ce qui démontre pourquoi les bois verts ou simplement desséchés ne pourront jamais être employés avec un avantage bien prononcé; car la carbonisation s'opère très-difficilement dans les fourneaux, et elle ne s'y fait qu'aux dépens de la chaleur intérieure, ce qui, indépendamment de la quantité de combustible nécessaire pour réparer ces pertes de calorique, n'est pas sans inconvénients, et peut compromettre l'allure des fourneaux, y occasionner, comme cela a eu fréquemment lieu dans les essais au bois, des engorgements, des chutes de mine et des changements subits dans la qualité des produits quand ils ne sont pas annulés tout à fait; et ce qui démontre en outre qu'il importe que la carbonisation soit aussi régulière que possible, et soit poussée toujours au point convenable, déterminé par l'expérience.

Quoique je sois convaincu qu'une partie des avantages que produit le nouveau procédé tiennent surtout à l'emploi de la chaleur perdue des foyers de forges, ce n'est cependant qu'un moyen particulier d'application du nouveau système, dans lequel ne se renferme pas exclusivement le procédé; car il serait possible que, dans quelques circonstances, on pût carboniser dans des appareils séparés, en utilisant, pour les chauffer, soit les ramilles des forêts, soit de la tourbe, ou tout autre combustible de peu de valeur, et dont on ne trouverait pas un emploi plus avantageux, et je suis persuadé aussi que, si on n'aime mieux re-

cueillir l'acide et le goudron qui se dégagent du bois, on pourra encore faire servir les gaz qui s'en échappent à contribuer eux-mêmes à la carbonisation du bois qui les renfermait, en les enflammant et les dirigeant convenablement.

En France, pays moins favorisé de la nature, sous le rapport des combustibles fossiles, que l'Angleterre et la Belgique, la question des fers se résume presque toute dans celle des bois; et dans l'état actuel des choses, la dépopulation graduelle de nos forêts et le manque de bois qui s'y fait partout sentir, en augmentent beaucoup les prix. D'un autre côté, le grand développement que prend l'industrie des fers et ses besoins toujours croissants, ne laisseraient entrevoir qu'un avenir trop prochain dans lequel la France ne pourrait plus soutenir la lutte qui doit tôt ou tard s'engager avec l'étranger, si des moyens puissants d'économie dans le combustible, comme celui dont il est ici question, ne venaient y changer la condition de la production et convertir les craintes en un espoir fondé de pouvoir soutenir avec avantage toute espèce de concurrences, et donner des espérances satisfaisantes sur l'avenir d'une industrie qui crée déjà en France une valeur annuelle de plus de 110.000.000 de francs, et sur les progrès et le développement de laquelle reposent en quelque sorte ceux de la plupart des autres industries, auxquelles elle fournit les matières premières indispensables.

Qui peut mesurer dès aujourd'hui l'influence que pourra exercer sur l'industrie en général la propagation du nouveau procédé de carbonisation, et les conséquences qu'il pourra avoir pour celle des fers en particulier? Un des résultats de

son adoption immédiate partout, serait de réduire de moitié la dépense annuelle du bois employé au traitement des minerais de fer, c'est-à-dire de 32.000.000 de francs (1) à 16.000.000, et de laisser l'autre moitié disponible, laquelle occasionnerait nécessairement une réaction considérable dans les prix, toute à l'avantage des producteurs et des consommateurs. Mais il est plus probable que les choses ne se passeront pas ainsi, et qu'au lieu que les bois diminuent de valeur, c'est le nombre des usines et la fabrication qui augmenteront, en sorte que l'industrie des forges pourra être mise à même de livrer au commerce une quantité de fer double de celle produite aujourd'hui, et à des prix très-inférieurs; ce ne sera donc pas seulement sur les forges que le procédé nouveau pourra avoir de l'influence, mais aussi sur toutes les autres branches d'industrie, sur lesquelles il réagira en contribuant surtout à nous assurer les moyens d'arriver plus tôt à des voies moins dispendieuses et plus rapides de communication et de transport, nouvelle source de progrès industriels et agricoles et de civilisation, dont on ne peut pas non plus encore bien mesurer les conséquences à venir.

L'économie directe d'argent, et, par suite, la di-

(1) On aurait peine à se faire une idée exacte des énormes capitaux qui ont été dépensés et employés en pure perte par les procédés vicieux de carbonisation dans les forêts, surtout si on se reporte au temps encore peu éloigné où la consommation du combustible était souvent double et triple de ce qu'elle est aujourd'hui; aussi, alors, dépensait-on trois et quatre fois autant de bois qu'il en faut aujourd'hui pour produire la même quantité de fer.

minution dans les frais généraux, ne seront pas les seuls avantages que procurera aux maîtres de forges l'adoption du nouveau procédé; car il exigera aussi moins de capitaux de roulement, beaucoup moins de surveillance dans les forêts, moins de main-d'œuvre dans l'abattage et le dressage des bois, ceux-ci pouvant être débités beaucoup plus longs ou même laissés de longueur, ce qui éviterait une partie des copeaux que, dans quelques localités, les ouvriers sont intéressés à multiplier, parce qu'ils ont la faculté de les vendre ou de les emporter, et par suite laisserait moins de chances d'être volés; ils n'auront plus à craindre les pertes résultant souvent, dans la carbonisation des forêts, des grandes sécheresses, des grands vents, des pluies, de la neige, de la grêle, et autres causes accidentelles qui peuvent en occasionner d'assez considérables.

Ces avantages, qu'il est difficile de faire entrer en ligne de compte, quelque positifs qu'ils soient, ne seront rien auprès de ceux qui me paraissent devoir en résulter sous le rapport des progrès qu'il fera faire à l'industrie métallurgique en France; car, en général, un nouveau procédé économique quelconque, qui se propage dans une industrie, n'y exerce pas seulement son influence en raison de l'économie directe d'argent qu'il peut y introduire, mais encore en raison des autres perfectionnements qu'il y détermine, une amélioration en appelant presque toujours d'autres: c'est ainsi, par exemple, que dans les forges, l'adoption du nouveau système de soufflage à l'air chaud, a non-seulement apporté une amélioration importante dans le travail du fer et a produit une économie très-notable de com-

bustible, mais il a encore souvent déterminé d'autres modifications qui n'eussent pas été introduites de longtemps dans les usines sans cette circonstance, et qui cependant auraient pu seules déjà fournir des moyens puissants d'amélioration : c'est encore le procédé d'air chaud qui a déterminé une partie des essais qui ont été tentés dans ces derniers temps pour substituer le bois au charbon de bois, et qui auraient pu finir par faire arriver à de meilleurs résultats. Aussi, bien que l'on puisse prévoir, dès aujourd'hui, une partie des avantages que procurera l'adoption générale du nouveau procédé, on ne peut encore dire quel sera véritablement l'avenir qu'il prépare à l'industrie des fers, et toute l'influence qu'il pourra exercer sur le régime intérieur de nos usines, qui, il faut bien le reconnaître, sont malheureusement loin d'être partout à la hauteur des progrès de l'industrie et de la mécanique. D'ailleurs, toutes les personnes qui s'occupent de forges savent qu'il suffit souvent d'amener un changement dans la marche d'un fourneau pour y déterminer des améliorations sous le rapport de l'emploi des matières premières; ce qui tient sans doute à ce que, comme je viens de le dire, toutes les usines sont loin d'être encore arrivées au point de perfection convenable; et pour ne citer qu'un fait authentique et qui a précisément rapport à l'objet qui m'occupe, je dirai que le haut-fourneau de Montblainville, qui, d'après une lettre récente de MM. Bellevue et Claudot, adressée à M. Fauveau, consommait, avec l'emploi de l'air chaud, avant l'adoption du nouveau procédé de carbonisation, en moyenne, 138 kilogrammes de charbon, pour produire 100 kilogrammes de fonte,

n'en consomme plus aujourd'hui que 120; en sorte qu'outre l'économie qui résulte de l'emploi du charbon nouveau, il y en a encore une d'environ 15 pour $\frac{0}{0}$ sur la consommation actuelle, comparée à celle antérieure. Cette nouvelle économie est-elle due seulement au nouveau système? Il est assez difficile de se prononcer à cet égard, bien qu'il soit probable qu'elle est le résultat du plus grand pouvoir calorifique du nouveau charbon; toujours est-il qu'elle a été déterminée par l'adoption du nouveau procédé, qui me paraît destiné à en produire beaucoup d'autres du même genre dans tous les fourneaux qui n'ont pas une marche très-avantageuse.

On a souvent fait à ce procédé une objection qui ne me paraît nullement fondée; ainsi on a dit souvent que les frais de transport du bois seraient un obstacle à son adoption dans beaucoup de localités où les usines sont assez éloignées des bois. Il est certain que les économies en argent qui résulteront, pour chaque maître de forges, de l'emploi du procédé, seront relatives au plus ou moins de proximité des bois de leurs usines; mais je crois pouvoir affirmer, d'après la connaissance que j'ai de la position de la plupart des forges en France, qu'il y en a peu où le procédé ne soit applicable en partie ou en totalité, car il n'en existe presque pas qui n'aient au moins un quart ou un tiers de leur affouage dans le voisinage où elles sont situées, c'est-à-dire dans un rayon de quatre à cinq lieues, et que, pour la plupart, la quantité de bois qu'elles peuvent s'y procurer va au moins à la moitié; en sorte que telles ou telles usines, qui sont obligées aujourd'hui d'aller chercher au loin le complément de leur affouage, n'y sont

obligées que parce qu'elles consomment beaucoup plus qu'elles pourraient le faire. Qu'on réduise cette consommation de moitié, ainsi que permet de le faire l'emploi du nouveau procédé, et on verra que, parmi les usines qui vont compléter leur approvisionnement au loin, la plupart pourront le trouver dans les lieux qui les entourent. D'ailleurs le nouveau procédé pouvant se combiner en toutes proportions avec l'ancien, on pourra toujours, suivant les circonstances, n'employer que la quantité de nouveau charbon correspondante aux bois qui se trouvent à proximité; de telle sorte, par exemple, que l'usine qui n'aurait dans son voisinage qu'un quart de son approvisionnement de bois, et ce quart carbonisé à la nouvelle méthode représentant plus de la moitié de l'ancienne consommation, il en résulterait qu'on n'aurait plus à aller chercher au loin que l'autre moitié convertie en charbon ancien, si toutefois les calculs ne démontraient pas qu'il y aurait encore un véritable avantage à l'amener en bois à l'usine, car au lieu de deux cordes transformées en charbon, par exemple, qu'on aurait à transporter, on n'en aurait plus qu'une de bois en nature; or, si on ajoute au prix du transport du charbon produit des deux cordes une partie ou la totalité du prix de la seconde corde qu'on économise par le nouveau procédé, on verra qu'il sera possible de transporter la corde de bois en nature fort loin, avec encore un certain avantage.

Toutes les objections tombent donc d'elles-mêmes devant un examen attentif de la question, et ne résisteront, dans aucun cas, aux calculs consciencieux où on aura eu soin de faire entrer toutes les données du problème. Quoi qu'il en

soit, un pas immense a été fait dans l'industrie des fers, le problème qu'on s'y proposait depuis longtemps se trouve résolu ; on pourra sans doute encore modifier et améliorer les appareils, changer leurs dispositions, mais les grandes difficultés sont vaincues et franchies, il n'y a plus aujourd'hui qu'à chercher à en recueillir les fruits.

DE

L'influence du cuivre et du soufre sur la qualité de l'acier (1);

Par M. STENGEL, de Lohe, près Siegen.

(Extrait des Archives de M. Karsten, tome IX, 1836, pages 465-487.)

L'observation a fait connaître, depuis bien longtemps, que les minerais de fer manganésifères,

(1) Les observations et les recherches chimiques que vient de publier M. Stengel sont importantes, non-seulement parce qu'elles portent sur un sujet encore fort obscur, les causes des défauts des fers et aciers, mais parce qu'elles infirment, jusqu'à un certain point, l'opinion généralement admise de la grande influence du soufre sur la qualité de ces métaux; ce serait à la présence du cuivre qu'il faudrait attribuer les *gerçures*, ou le manque de malléabilité et de soudabilité que l'on remarque souvent dans l'acier ou le fer. Enfin (et cela prouve l'imperfection de nos procédés métallurgiques à l'égard du fer), la composition ou la nature des minerais employés à fabriquer de la fonte, est encore ce qui exerce le plus d'influence, non-seulement sur les propriétés et la qualité de cette fonte, mais aussi sur celles du fer ductile et de l'acier qu'on en obtient par l'affinage.

Il reste donc à trouver, d'une part, dans le mode de préparation des minerais, et dans leur traitement au haut-fourneau, des moyens de séparer, plus complétement qu'on ne l'a fait jusqu'ici, les substances nuisibles qu'ils peuvent contenir, ou du moins de les empêcher de se combiner dans la fonte; et ensuite, des procédés d'affinage plus parfaits que ceux dont on fait usage aujourd'hui pour fabriquer le fer et l'acier, afin de pouvoir obtenir ceux-ci de bonne qualité, avec des fontes médiocres ou mauvaises,

le fer spathique et l'hématite brune surtout, donnent, par l'affinage de la fonte qu'ils produisent, de l'acier d'autant plus dur qu'ils sont plus riches en manganèse. Ce métal, qui se trouve à l'état d'oxidule dans les minerais que nous venons de nommer, est porté à un plus haut degré d'oxidation par le grillage, et ensuite se trouvant exposé à une haute température dans le haut-fourneau, il s'en réduit une portion à l'état métallique, qui se combine avec la fonte, de manière que celle-ci en contient souvent jusqu'à 4 p. $\frac{o}{o}$. Une fonte de cette espèce, étant soumise à l'affinage, produit toujours une scorie très-fluide, par suite de l'oxide de manganèse qui se forme dans cette opération, et qui se combine immédiatement dans ces scories. Le vent des soufflets, en circulant autour des molécules de fonte liquéfiée et destinée à former la loupe, finit par opérer la décarburation du métal, et à produire du fer malléable; mais la présence du manganèse rend cette conversion bien plus difficile, et, dans mon opinion qui est fondée sur l'expérience, cela provient de ce que l'existence du manganèse dans le haut-fourneau où la fonte a été formée, a rendu la combinaison du carbone et du fer plus intime et plus difficile à détruire qu'elle n'aurait été sans cette circonstance : c'est à ce point que, dans l'affinage des fontes manganésifères, lorsque la totalité du manganèse a passé dans les scories, le carbone est

---

c'est-à-dire impures, et contenant des substances qui diminuent la malléabilité et la soudabilité de ces métaux, lorsqu'elles y demeurent combinées, même en très-faible proportion.

A. G.

encore retenu bien plus fortement par le fer que si les minerais qui ont produit la fonte n'eussent pas renfermé de manganèse : et il est bien constaté par l'expérience que les fontes provenant de minerais qui ne contiennent pas d'oxide de manganèse produisent bien plus promptement de l'acier que les autres par l'affinage ; mais que celui-ci est plus mou et toujours mélangé de beaucoup de parties ferreuses.

De même une expérience de bien des années a montré que l'espèce de fonte qui est produite par un minerai très-faiblement manganésifère, et qui est désignée par le nom de *Nebeneisen*, étant employée, dans le procédé de Siegen, à faire les premières *mises* (*heisse*) ou charges du foyer, est bien plutôt décarburée (même lorsqu'elle présente un grain gris dans sa cassure) et amenée à l'état d'acier, que de la fonte provenant de minerais riches en manganèse, lors même qu'elle a été formée par une allure froide (*Rohgang*) de fourneau, et que sa cassure est blanche et à rayons fins.

C'est encore d'après des observations fort anciennes que l'on choisit toujours des minerais où le manganèse soit très-abondant, tels que l'hématite brune (*Brauneisenstein* ou *Braunerz*) où son oxide est apparent, ou bien le fer spathique où on ne l'aperçoit pas, pour former les fontes dont on veut obtenir de l'*acier dur* par l'affinage, et ordinairement il se trouve en même temps tenace. Mais il peut encore exister de grandes différences entre les aciers produits par les fontes dont nous venons de parler, et principalement sous les rapports de tenacité ou de malléabilité, en supposant que la dureté soit la même, et qu'après

la trempe leur grain soit fin et gris : ces différences deviennent surtout bien sensibles lorsqu'on les forge en bandes ou lames minces, ainsi qu'on le pratique pour en faire des faux.

Les nombreuses opérations de forgeage que l'on est dans le cas d'exécuter pour arriver à la confection complète de ces instruments, offrent sans contredit les meilleurs moyens de reconnaître si l'acier qu'on emploie réunit à une grande malléabilité beaucoup de dureté après la trempe, et celui qui a supporté toutes les épreuves de cette fabrication, et qui donne en définitive un tranchant souple et délicat, doit être considéré comme étant d'une excellente qualité.

L'auteur donne ensuite les détails des essais qu'il a faits pour fabriquer des faux avec diverses sortes d'acier, et notamment avec celui que l'on fait à Siegen avec les fontes du pays : c'est dans quelques-unes des opérations, que l'on fut dans le cas d'exécuter, qu'il eut occasion d'observer les diverses manières dont ces aciers se comportèrent au feu et sous le marteau. On fut surtout attentif, continue-t-il, à examiner les apparences que montrèrent ces aciers après diverses préparations, et principalement les bandes plates ou bandes platinées pour les faux : on cherchait à juger de la qualité de l'acier par l'état où se trouvaient, après la trempe, les petites faces et les arêtes de ces bandes. Le très-bon acier ne montrait sur les angles les plus aigus aucune apparence de fissures, ou de parties rugueuses (*Hart borsten*); et même, en s'aidant d'une loupe, on reconnaissait que ces arêtes étaient parfaitement nettes et d'un blanc d'argent. Parmi les aciers de Styrie non raffinés (*Roh stahl*), celui de Vordernberg et quelques

autres, convertis en bandes de 1 à 2 lignes d'épaisseur, se montraient unis, nets et blancs sur la plus petite des faces; mais d'autres aciers de la même contrée présentaient cette même face noire et raboteuse, et si on l'examinait à la loupe, on y découvrait une multitude de petites fissures remplies d'oxide de fer; il en était de même pour les aciers de Siegen.

L'auteur ayant cherché à varier les circonstances du forgeage et de la trempe des divers aciers qu'il avait employés précédemment, demeura convaincu que la manière dont ils se comportaient dépendait uniquement de leur nature, c'est-à-dire de la composition de l'acier, et celui de Vordernberg se montra toujours supérieur à tous les autres, tandis que l'acier de Siegen se trouvait inférieur.

Quelles sont donc les substances nuisibles qui font que notre acier, dit M. Stengel, montre toujours sur l'épaisseur des barres plates qu'on en forme, une surface noire et inégale? J'ai recherché et dosé à plusieurs reprises, dans tous ces aciers, le carbone, le silicium et le manganèse, et les petites différences que j'ai trouvées de l'un à l'autre m'ont démontré l'impossibilité d'attribuer à aucune d'elles une influence quelconque sur les défauts que nous venons de signaler.

Mon attention se porta sur le soufre; car étant en Styrie en 1833, j'avais remarqué que lorsqu'on jetait de l'eau sur les laitiers liquides des hauts-fourneaux de Vordernberg et de Eisenerz, on ne sentait aucune odeur d'hydrogène sulfuré, tandis qu'il en est tout autrement pour ceux de nos contrées.

Je cherchai des minerais tout à fait semblables

à ceux que j'avais vu fondre à Vordernberg, et je trouvai un *Braunerz* qui avait exactement les mêmes apparences, et qui produisait des laitiers sur lesquels on pouvait verser de l'eau, sans qu'il s'exhalât de l'hydrogène sulfuré : je crus que l'acier qui fut fabriqué avec la fonte qui accompagnait ces laitiers, ne présenterait point les défauts que nous avons signalés précédemment; mais je fus complétement trompé dans mon attente; les petites faces des barres plates, après la trempe, se montrèrent encore noires et raboteuses.

Je ne pouvais cependant renoncer à l'idée que ce fait rapprochait l'acier qui me le montrait des fers cassant à chaud : je reconnus d'ailleurs que des fers en barres, les uns de Siegen, d'autres de Dillenburg et du pays de l'Eiffel, et qui sont employés à la fabrication de la tôle mince, conservent la petite face de leurs barres plates parfaitement unie et d'un blanc d'argent, après qu'on les a trempées rouges dans de l'eau froide; tandis que des fers, de qualité médiocre pour faire de la tôle, mais qui, en raison de leur grande tenacité, sont très-convenables pour faire des cercles de tonneaux, devenaient noirs et raboteux, après avoir été trempés comme on l'a dit. Au reste ce défaut est bien plus difficile à reconnaître dans la tôle que dans les barres d'acier plates, forgées pour faire des faux.

D'après tous ces essais, et les observations auxquelles ils ont donné lieu, j'ai dû abandonner cette conjecture toute naturelle que les différences que l'on remarque dans la manière dont se comportent nos aciers, comparés à celui de Vordernberg, et qui se montrent toujours plus aigres et moins aisément soudables que ce dernier, tenaient à la

combinaison d'une petite quantité de soufre dans ces derniers; en effet, il ne m'était plus possible de croire que ce fût cette substance qui donnait à nos aciers des propriétés analogues à celles que montrent les fers cassant à chaud (*Rothbruchige*).

Mais alors, à quelle autre substance avoir recours pour expliquer les résultats incontestables que nous avons rapportés? Aucune ne se présentait que le cuivre, qui se trouve réellement mélangé dans nos minerais de fer à l'état de pyrite cuivreuse; celle-ci peut être réduite dans les fourneaux, et le métal se combiner dans la fonte qu'on en obtient : en effet, plusieurs des aciers sur lesquels j'ai fait les essais précédents, et surtout ceux qui ont montré les surfaces les plus raboteuses après la trempe, provenaient de l'affinage de fontes produites elles-mêmes par des minerais qui contenaient plus ou moins de pyrites cuivreuses disséminées, et le *Braunerz*, de Styrie, semblable à notre *Eisenstein*, contient aussi un peu de cuivre carbonaté vert. Mais il fallait reconnaître par des procédés exacts, si le cuivre est réellement amené à l'état métallique dans les fourneaux, s'il se combine dans la fonte; et, en supposant que tout cela ait lieu, si l'affinage des floss (de la fonte) pour en obtenir de l'acier, n'en sépare pas complétement le cuivre.

Autant que je puisse savoir, la présence du cuivre dans la fonte de fer, et l'influence que peut avoir ce métal sur les produits, fer ou acier, qu'on en obtient par l'affinage, n'ont encore été prises en considération par aucun métallurgiste.

Pour faire les recherches chimiques qui seules pouvaient conduire à la solution de ces questions, je choisis diverses sortes d'aciers et de fers, tant

de notre pays que des forges de la Styrie; je déterminai le cuivre contenu en faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré dans une dissolution opérée dans l'eau régale; et après avoir filtré, le précipité brun qui se forma m'indiqua la présence du métal que je cherchais, et me donna le moyen de le doser.

C'est par ce procédé que je trouvai dans de l'acier employé à faire des coins pour la monnaie, et par conséquent choisi parmi les meilleurs, 0,27 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre; cela me surprit extraordinairement. De l'acier provenant des minerais d'Eisenerz, en Styrie, qui montrent quelques taches de cuivre carbonaté vert, contenaient 0,36 p. $\frac{0}{0}$ de ce métal; une autre espèce de qualité supérieure en renfermait 0,40 p. $\frac{0}{0}$ (0,004).

J'étais curieux de savoir si l'acier de Styrie fabriqué avec les floss de Vordernberg, et qui est regardé comme le meilleur pour faire les faux, contenait aussi du cuivre : mais l'hydrogène sulfuré ne produisit pas le moindre précipité dans la dissolution qui en fut faite. Nous avons dit que lorsqu'il se formait de petites fissures sur les faces étroites des bandes minces que l'on fabriquait avec cet acier pour en faire des faux, ces surfaces demeuraient toujours unies et même pour la plupart d'un blanc d'argent : comme j'avais observé les mêmes apparences favorables dans le fer en barres de Dillenburg et des forges de l'Eiffel, je voulus voir s'ils contenaient du cuivre; dans ce dernier je n'en trouvai que 0,07 p. $\frac{0}{0}$, et dans ceux de Dillenburg, provenant de minerai oxidé rouge, seulement 0,03; une autre barre du même fer ne m'en offrit qu'une trace.

Au contraire, les fers de Siegen, qui cependant

en raison de leur grande tenacité sont employés à faire des cercles de tonneaux, contenaient 0,29 et même 0,40 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre.

L'ensemble de ces résultats semble conduire à cette conséquence que les premières apparences extérieures, annonçant que le fer ou l'acier sont un peu cassants à chaud (et cela s'aperçoit en étirant des barres minces, et par de petites altérations sur les faces étroites de celles-ci), ne se manifestent que quand ces fers ou aciers contiennent du cuivre.

M. le professeur Grothe, à qui je communiquai les résultats de mes recherches, trouva dans une sorte d'acier du commerce jusqu'à 0,62 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre; mais celui de Vordernberg n'en contenait pas la moindre trace (1).

---

(1) Ces résultats, très-remarquables sous tous les rapports, sont opposés à ce qui a été avancé dans ces derniers temps, que l'alliage d'un peu de cuivre avec l'acier pouvait améliorer la qualité de celui-ci. Toutefois, M. Karsten n'est pas de cet avis, ainsi qu'on peut le voir dans son Manuel, tom. Ier, § 265. On sait d'ailleurs que les ouvriers qui affinent la fonte pour en obtenir de l'acier, ne se servent jamais de tuyères en cuivre (qui sont en usage pour fabriquer le fer), dans la crainte de voir la qualité de l'acier altérée par la chute de quelque fragment de cuivre dans le foyer.

Quant à l'influence du cuivre sur la qualité du fer, les ouvriers affineurs la regardent généralement comme nuisible. M. Karsten dit (tom. Ier, § 193): « La plupart des » hommes qui pratiquent l'art des forges croient fermement que le cuivre rend le fer rouverin, et qu'un petit » morceau de ce métal, détaché de la tuyère par la négligence des affineurs, peut détériorer une loupe entière. »

Le même métallurgiste a fait des essais en ajoutant 1 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre à de la fonte pendant son affinage; il rapporte que plusieurs des barres fabriquées ont soutenu les

La découverte d'une aussi grande quantité de cuivre dans des aciers considérés, à ce qu'il m'a paru, comme d'une excellente qualité, et employés à confectionner les objets les plus délicats, et que l'on débite dans toutes les parties du monde, m'a conduit à rechercher si les floss ou fontes employées pour fabriquer l'acier qui ne contient pas de cuivre, en contenaient elles-mêmes, et cela afin de savoir si ce métal est séparé plus ou moins complétement, dans l'affinage pour acier, ce qui pouvait résulter de la méthode de fabrication en usage dans les différents pays d'où l'on tire l'acier.

En général, j'ai trouvé dans les fontes une quantité de cuivre notablement moindre que dans les aciers qui en provenaient, de sorte que j'ai lieu de croire que, pendant l'affinage, il s'oxide très-peu de cuivre, et qu'il n'en passe que fort peu dans les scories, d'où il suit que ce métal se concentre dans l'acier. J'en donnerai pour preuve que l'espèce d'acier dans lequel il y avait 0,40 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre provenait du mélange de deux fontes dont l'une, pour les deux tiers, en contenait seulement 0,18 et l'autre formant l'autre tiers, 0,34; la moyenne étant de 0,233 se trouve de beaucoup au-dessous du contenu réel de l'acier (0,40): il en

---

épreuves auxquelles on les a soumises, mais qu'il s'en trouva deux qui se cassèrent; celles-ci contenaient 0,28 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre.

Il conclut de ces mêmes essais que ce métal (le cuivre) ne produit pas des effets aussi désavantageux qu'on le pense généralement. « Cependant il diminue la ténacité du fer plus que ne le fait le phosphore, et nuit surtout à sa soudabilité » (§ 264).

A. G.

faut conclure que la scorification du cuivre ne s'opère pas, à beaucoup près, dans la même proportion que celle du fer : peut-être même ne trouverait-on pas de traces de cuivre dans les scories qui se forment pendant l'affinage de la fonte pour en obtenir de l'acier. Toutefois, il faudrait encore de nouvelles expériences pour mettre hors de doute le fait de la concentration du cuivre dans l'acier pendant sa fabrication.

Après avoir reconnu l'existence du cuivre dans nos minerais de fer, dans lesquels on aperçoit distinctement de petites parties de pyrite cuivreuse et de fahlerz, ou même de cuivre vert; après avoir constaté que son influence (du moins à la proportion indiquée) se borne, pour certaines sortes d'aciers (*Befreiten stahl sorten*), à diminuer leur malléabilité, et même pour des aciers raffinés (*Edelstahl*), lorsqu'on en fait des bandes minces, à les faire gercer sur l'épaisseur, il me restait à déterminer par de nouvelles expériences l'influence du soufre qui peut aussi se trouver dans ces aciers; j'ai été convaincu par les recherches, dont je vais rapporter les détails, que la quantité qui existe dans ceux dont on fait usage, n'occasionne pas la moindre diminution dans leur malléabilité.

L'auteur décrit l'appareil qu'il a employé et les détails des opérations qu'il a exécutées, pour doser le soufre contenu dans divers échantillons de fer et d'acier; son procédé est exactement celui que l'on trouve indiqué dans le *Manuel*, etc., de M. Karsten (tome Ier, p. 256, § 331 de la traduct., 2e édition); il est basé sur la conversion du soufre

en hydrogène sulfuré que l'on reçoit dans une dissolution d'acétate de plomb (1).

De 5 grammes de limaille d'acier, on obtint $0^g,137$ de sulfure de plomb, représentant 0,37 p. % de soufre.

Le même procédé employé pour doser le soufre dans les aciers où l'on avait trouvé précédemment du cuivre, en indiqua de 0,31 à 0,37 p. %.

Dans l'acier qui fut préparé par mes soins avec une fonte provenant d'un de nos minerais (*Braunerz*) absolument semblable à ceux de Styrie, je trouvai 0,36 p. % de soufre; ce qui me surprit d'autant plus que les laitiers qui accompagnaient la fonte dont je viens de parler, ne manifestaient aucune odeur d'hydrogène sulfuré, lorsqu'on projetait de l'eau dessus, pendant qu'ils étaient encore liquides.

Ce résultat et les circonstances rapportées ci-dessus me firent encore douter davantage que ce fût à l'absence du soufre que les aciers de Styrie dussent leur qualité supérieure; et en effet, ayant

(1) L'auteur termine son mémoire par quelques observations relatives à cette partie docimastique de son travail, et qui semblent bien placées ici. Il a reconnu qu'il convenait d'employer, pour dissoudre le fer ou l'acier, réduits en limaille, de l'acide muriatique très-fumant; que celui dont la densité = 1,14 ne donne pas autant de soufre que celui de 1,16; il a aussi observé qu'une petite quantité d'acide acétique ajoutée à la dissolution d'acétate de plomb favorisait la formation du sulfure de plomb qui sert à doser le soufre.

L'acide sulfurique concentré ou étendu d'eau, employé pour opérer la dissolution du métal, n'a produit que très-peu d'hydrogène sulfuré; ce qui tient à la propriété qu'a cet acide de dissoudre ce gaz; l'acide muriatique très-concentré ne le dissout point.

recherché cette substance dans l'acier de Vordernberg, j'y trouvai 0,29 p. $\frac{0}{0}$ de soufre; mais ce qui me parut encore plus digne d'être remarqué, c'est que dans l'acier Brescian si renommé de *Paal*, près de Murau (et qui d'ailleurs ne renferme pas la moindre trace de cuivre), il y a 0,40 p. $\frac{0}{0}$ de soufre, c'est-à-dire plus que dans toutes les autres sortes d'acier essayées.

Il devenait d'après cela fort intéressant de reconnaître quelle quantité de soufre pouvait être contenue dans différentes sortes de fer, et surtout dans ceux qui sont classés parmi les meilleurs.

Le fer en barres de l'Eiffel, qui, lorsqu'on l'a converti en barres plates très-minces, et ensuite trempé rouge dans de l'eau, montre sur son épaisseur de petites fissures, mais qui laissent la petite face unie et d'un blanc d'argent, contient 0,298 p. $\frac{0}{0}$ de soufre, et en outre, comme on l'a vu plus haut, 0,07 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre seulement.

Le fer de Dillenburg, qui présente les mêmes apparences que le précédent, lorsqu'il est soumis aux mêmes épreuves, mais qui ne contient pas de cuivre, a donné dans plusieurs analyses de 0,32 à 0,40 p. $\frac{0}{0}$ de soufre; et il est à remarquer qu'il ne se montre pas le moins du monde cassant à chaud (*Rothbruchige*).

Au contraire, nos fers de Siegen, dont le contenu en cuivre varie de 0,29 à 0,44 p. $\frac{0}{0}$, et qui de plus renferment de 0,39 à 0,42 p. $\frac{0}{0}$ de soufre, sont ceux qui offrent plus particulièrement sur les petites faces des barres plates qu'on en a formées, beaucoup de rudesse et une couleur noire très-prononcée.

En réfléchissant sur toutes ces circonstances, je suis demeuré parfaitement convaincu que ce ne

sont ni le carbone, ni le manganèse, ni le silicium, ni même le soufre, mais uniquement le cuivre qui occasionne ce changement de couleur et cette rudesse des petites faces des barres plates; effets qui doivent être comme le commencement dans ces métaux de la propriété d'être cassant à chaud : c'est encore uniquement par suite de la présence du cuivre que certaines loupes d'acier se laissent plus difficilement souder, que d'autres qui se trouvent d'ailleurs au même degré d'affinage (*Gaargrade*) qu'elles; et cette opération est d'autant plus difficile à effectuer, que le fer spathique, qui a produit les fontes d'où elles proviennent, était davantage mélangé de cuivre pyriteux.

Si de plus nous considérons le fer de Dillenburg qui, malgré la forte proportion de soufre qu'il contient, n'est aucunement cassant à chaud, et même qui se laisse forger en lames très-minces, etc., nous sommes en droit d'en conclure que toutes les fois qu'il y a absence de cuivre, la grande malléabilité du fer n'est pas altérée (1).

---

(1) Il faut entendre, quoique l'auteur ne le dise pas explicitement en cet endroit, que le soufre ne produit nullement cet effet, lors même qu'il est contenu dans le fer ou l'acier en plus forte proportion que le cuivre.

Jusqu'ici on avait pensé le contraire; on admettait généralement que 0,25 ($\frac{1}{4}$) p. $\frac{0}{0}$ de soufre dans le fer forgé suffisait pour le rendre *rouverin*, et que 0,30 ou 0,40 p. $\frac{0}{0}$ détruisaient la soudabilité du métal.

M. Karsten dit « qu'il faut croire qu'on ne traite nulle » part des minerais dont la fonte puisse renfermer au-dessus » de 0,034 p. $\frac{0}{0}$ de soufre » (tome I, § 203). Pour reconnaître l'influence du soufre sur le fer, il fit ajouter du gypse dans un haut-fourneau, et la fonte qui en provint ayant été affinée, le fer qu'on en obtint se trouva très-

L'auteur appuie encore cette assertion par les résultats d'un certain nombre d'expériences dont nous allons rapporter les plus concluantes.

Dans une forge de Dillenburg, je fis étirer une barre de fer en bande plate, à la chaleur blanc-jaune (*Gelbhitze*), et avant qu'elle fût revenue au rouge, elle fut plongée dans l'eau froide. Les faces latérales de 1 à 2 lignes de largeur restèrent parfaitement unies, et absolument comme on l'avait observé sur le fer de Vordernberg, et de même d'un blanc d'argent. On traita de la même manière, et au même degré de chaleur, des fers de Siegen, contenant 0,29 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre et 0,39 de soufre; mais après les avoir retirés de l'eau, les surfaces latérales des barres minces se montrèrent rudes et un peu fendillées.

Un autre échantillon de fer de Siegen, conte-

---

rouverin; cependant il put être un peu étiré à la chaleur blanche, mais il se criquait au point qu'il fut impossible d'achever le forgeage. La soudabilité avait entièrement disparu; l'analyse ne donna que 0,0337 ou 34 de soufre sur 100.000 parties de fer. (Karsten, tom. I, § 193.)

Les résultats que donne maintenant M. Stengel sont bien différents de ces derniers, puisqu'ils montrent des fers (ceux de Dillenburg) qui contiennent $\frac{1}{3}$ ou presque $\frac{1}{3}$ p. $\frac{0}{0}$ (c'est 34 sur 10.000) de soufre, et qui ne se montrent pas le moins du monde cassants à chaud, et n'ont pas perdu de leur malléabilité : enfin il attribue au cuivre uniquement les petites fissures qui se montrent sur les petites faces du fer et de l'acier que l'on forge en barres minces, ainsi que la difficulté que l'on éprouve à souder certains aciers. Si ces observations sont confirmées, et leurs conséquences adoptées, il faudra modifier notablement l'opinion qu'on avait eue jusqu'ici sur l'influence que le soufre paraissait exercer sur la qualité du fer et de l'acier, du moins lorsqu'il ne s'y trouve combiné qu'en petite proportion.

A. G.

nant 0,44 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre et 0,425 p. $\frac{0}{0}$ de soufre, fut forgé en une bande mince, à la chaleur jaune, et la petite face se montra rude et un peu fendillée; à la chaleur rouge il se forma beaucoup plus de fissures fines; il faut remarquer toutefois que, malgré la forte proportion de cuivre contenue dans ce fer, les fissures, toujours très-fines, ne se formèrent que sur l'épaisseur de la barre, qui put d'ailleurs être pliée à volonté à la chaleur rouge, sans qu'il s'y fît la moindre rupture. Ce fer est donc réellement très-malléable, et en raison de sa dureté et de sa tenacité, il est recherché pour la confection d'un grand nombre d'objets; et s'il montre un commencement de ce défaut d'être cassant à chaud, dont les petites fissures dont nous avons parlé sont l'indice, il faut l'attribuer uniquement à la petite quantité de cuivre qu'il contient, ainsi que l'acier de notre pays : car si cet effet était dû au soufre qui s'y trouve en même temps, le fer de Dillenburg qui en contient souvent un peu plus (et qui ne renferme pas de cuivre) devrait avoir le même défaut; ce qui n'a jamais été observé, ainsi qu'on l'a vu par les expériences rapportées précédemment.

L'objet de ce mémoire est de montrer combien est grande l'influence du cuivre sur la tenacité du fer, et comme il importe dans la fabrication de l'acier que l'on destine à faire des faux, d'employer des fontes obtenues de minerais entièrement exempts de cuivre; ce à quoi l'on peut arriver par le triage et par une bonne préparation de ces minerais, avant de les fondre : car nous avons prouvé que ni le traitement dans le haut-fourneau, ni l'affinage de la fonte ne suffisaient pour séparer le cuivre.

NOTICE GÉOLOGIQUE

Sur Santiago de Chile.

Par M. MARIANO E. RIVERO.

La plaine de Maïpo ou le plateau de Santiago, dont la direction est du N. au S., a, d'après mes observations barométriques, une élévation de 1.951,50 pieds espagnols au-dessus du niveau de la mer; mais quelques voyageurs, et dernièrement le *Repertorio Chileno*, qui vient de publier une série d'observations faites avec le baromètre de Gay-Lussac, et que j'ai vérifiées, donnent des résultats différents, et ce sont ceux qui suivent :

Les officiers de l'expédition de Malespine .	2.468	pieds.
D. Felipe Bausa, en 1794.	2.864	
Miers, en 1819.	1.849,72	
Riveiro y Pierola.	1.951,50	
D. Felipe Castillo Albo.	1.709,47	
D'après les observations du Repertorio Chileno, en 1835.	2.129,66	

On observe que la différence entre les deux premières mesures et les quatre dernières est grande. Cette différence ne peut être attribuée qu'aux imperfections des instruments de cette époque. Mais les observations de Miers, d'Albo, du Repertorio Chileno, et les miennes, ont été faites avec de bons baromètres, et répétées un plus grand nombre de fois : aussi diffèrent-elles beaucoup moins. En prenant la moyenne de toutes

les quatre, ce qui sera le plus sûr, nous aurons pour Santiago la hauteur de 1.910,07 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le plateau de Maïpo a une étendue considérable vers le sud, et l'on peut dire que, abstraction faite des collines qui se prolongent à l'ouest près de Rancagua, il s'étend au delà de Chillan. Vers le nord, à peu près à huit lieues de la capitale, le plateau se trouve coupé par une série de chaînes de montagnes, qui viennent autant de l'est que de l'ouest, et parmi lesquelles se trouve la pente de Chacaburo, célèbre dans l'histoire de la république par la première victoire de l'armée argentine sur les Espagnols. Cette montagne sépare la vallée de Colina de celle d'Aconcagua, si fertile et si bien cultivée.

A l'est, s'étend la majestueuse chaîne de montagnes dont le sommet inégal est presque toute l'année couvert de neige. Vers le nord se détache la montagne de Pirarugua ou le volcan d'Aconcagua, qui, d'après le capitaine Fitzroy de la Beagle, a une élévation de 23.000 pieds, et, dans cette supposition, est beaucoup plus haute que le Chimborazo.

A l'ouest, le plateau a pour limite la chaîne de rochers granitiques et porphyriques de *San-Francisco-del-Monte*, *Pudagüel y Bustamante*, dans lesquels on trouve des veines de pyrites aurifères, d'oxidule de fer, de cuivre carbonaté, et d'un calcaire bleu qui se calcine pour la construction des bâtiments de Santiago. Cette chaîne se réunit à celle de *Quillota* et à celle d'*Aconcagua*, et, suivant la direction du nord au sud, elle se confond avec un des rameaux de la chaîne centrale de montagnes au sud de *Coquimbo*. La largeur de cette plaine est de 8 à 9 lieues, prises

depuis Apoquindo jusqu'au pied de la pente de *Prado*.

Les deux rivières qui traversent cette plaine et qui arrosent ces campagnes, sont le *Mapocho*, qui divise la ville, et le *Maïpo*, éloigné de 6 lieues vers le sud, lesquelles se réunissent au-dessous de San-Francisco-del-Monte, et se jettent dans la mer près du pont de *San-Antonio*.

Les montagnes contiguës à Santiago, et qui forment pour ainsi dire les quatrièmes gradins de la chaîne centrale, sont le rocher isolé de Sainte-Lucie, dont le pied commence à se peupler, le rocher de *San-Christobal*, au N.-N.-E., et *Santo-Domingo*, au N., tous les deux situés sur le côté opposé de la rivière. Le premier a au-dessus de la ville une élévation de 200 pieds; il est composé à sa partie supérieure de prismes de basalte à cinq, à six, et même à huit faces, et de grands morceaux d'une forme irrégulière; ils se trouvent comme dégagés sur les flancs du rocher. Les prismes, réunis en groupes, sont accolés par une ou plusieurs de leurs faces, tellement qu'ils présentent l'aspect d'un escalier presque régulier dans une direction de l'est à l'ouest.

Ce basalte a une couleur grise, se raie très-facilement, est compacte et tenace, et, traité au chalumeau, donne un émail gris. Il renferme de petits cristaux de pyroxène. Il se décompose, et alors présente la forme sphéroïde, en se délitant tour à tour en couches minces, qui se convertissent en une poussière rude, d'une couleur verdâtre, due assurément au pyroxène qui se présente alors plus visiblement. Il a pour base la dolérite porphyrique, d'une couleur verte foncée, comme on peut le voir au pied du rocher, du côté de l'est. Dans ce

même endroit se trouvent, tantôt dans des veines, tantôt dans des cavités, la mésotype et la stilbite cristallisées et décomposées, d'une blancheur très-pure; dans le basalte de la partie supérieure du rocher, au N.-N.-E., en montant par l'*Alto-del-Puerto*, on remarque sur le chemin l'argilophyre décomposé et le basalte sphéroïdal verdâtre.

A *San-Christobal*, élevé d'après mes mesures de 321,5 vares au-dessus de la plaine, le basalte se trouve décomposé sur la partie inférieure, prenant l'aspect du trap, et dans certains endroits on y observe de la mésotype. Vers le sud, et sur le bord d'un canal, on trouve un grès rouge, mais le long du chemin on voit partout le basalte. En allant vers l'est, on voit des carrières d'argilophyre mêlé au porphyre grisâtre et rouge, à grains assez gros, dont on fait usage à Santiago pour paver et bâtir. A son sommet on trouve les mêmes groupes de basalte qu'à Sainte-Lucie, lesquels ont pour base l'argilophyre et une brèche porphyrique. Ces rochers s'étendent au N., et forment des couches presque horizontales inclinées vers l'est.

Les rochers de *Renca* sont composés d'un schiste quartzeux d'une couleur brunâtre, formant des couches dont l'inclinaison et la direction sont pareilles à celles que nous avons dites.

Le rocher de *Santo-Domingo* est composé de mélaphyre très-semblable au trachyte : sa couleur est d'un blanc grisâtre, il est rude au toucher; à l'état pâteux, il est demi-poreux et blanc, il contient des fragments de cristaux de feldspath décomposé, du mica et de l'amphibole, et non pas du carbonate de chaux, selon l'opinion qu'a exprimée Miers dans son ouvrage. On remarque sausi

des morceaux d'un marbre rouge foncé, de la mésotype et de la stilbite rayonnantes, formant des couches d'une à deux lignes d'épaisseur. La facilité avec laquelle on coupe et on tire ce rocher des carrières, fait qu'il sert à Santiago pour la construction des édifices. On ne trouve pas de traces de stratification dans cette partie du rocher, mais je suis d'avis qu'il ne diffère des couches que par sa cassure, par sa couleur plus foncée et par l'absence de feldspath.

L'étroite fondrière de *Colina*, par laquelle passe la rivière du même nom (dans une direction N. d'abord, et E. ensuite, à une élévation assez considérable au-dessus de la plaine), est à 9 lieues au N. de Santiago, vers le centre de la chaîne de montagnes. Le terrain des deux côtés de la fondrière est composé d'un argilophyre rouge porphyrique, et d'une syénite décomposée, qui passe au porphyre.

La stilbite, la mésotype et un carbonate de chaux demi-cristallisé, se trouvent dans la première formation. Les eaux qui sortent de la roche présentent une variation très-petite dans leur température :

Du *pozo del rincon*, bonne à boire. . .	88° Far.
Du bain à gauche, n° 1.	88
Idem n° 2.	88
Idem n° 3.	87
Du bain à gauche.	83
Idem du milieu.	82
Idem à droite.	84
Température de l'air à dix heures mat.	64

Ces bains ont quelque renommée pour ceux qui souffrent de l'estomac. Leurs eaux n'ont pas de saveur, et aucun gaz ne s'en dégage. Elles don-

nent pour résidu du carbonate de chaux, et un sel qui doit être le carbonate de soude. L'eau nommée de *Grajates*, à environ 65 toises plus bas, est tiède, et n'a ni saveur ni odeur: on dit qu'elle occasionne des nausées, et cela ne serait pas étrange, parce que toutes les eaux qui ont une température basse et qui se prennent en grande quantité produisent cet effet.

A Apoquindo, à quelques toises du couvent, il y a aussi des sources d'eau saumâtre qui sortent d'une brèche verdâtre. Elle contient en abondance du carbonate de soude, et, lorsqu'elle est gardée en bouteille, elle donne au bout de quelques jours une odeur d'hydrogène sulfuré ou d'œufs gâtés. Sa température est très-basse. On m'a assuré que dans la partie qui s'appelle *Dehesa*, et qui commence au pied de la chaîne, se trouve du charbon sur le grès rouge. J'ai vu de petits morceaux de cette substance chez la personne qui en fit la découverte.

La position du basalte et de l'argilophyre entre des terrains d'une origine différente de celle qu'on attribue à ces rochers, est un phénomène qui ne peut être expliqué, dans ma manière de voir, par la théorie neptunienne; il est d'autant plus difficile d'en trouver la cause, qu'ils se rencontrent dans des parages isolés, loin du centre des volcans connus, et sans le moindre indice d'éruption volcanique dans les environs.

Si le feu avait été l'agent principal qui tînt notre planète dans son origine à l'état de fusion, et qui, d'après le calcul des savants Cordier et Fourier, conserve sa liquidité à 10 ou 12 lieues de profondeur, et la chaleur rouge à trois lieues, ce qui paraît démontré par la théorie mathématique du

calorique et les phénomènes observés, il est plus rationnel d'attribuer la formation du basalte de ces contrées à cet agent qu'à l'eau.

En outre, cette roche étant plus fusible que le granite, le gneiss et les roches quartzeuses, eut besoin de moins de degrés de chaleur pour rester à l'état de fusion; mais une époque arriva, à laquelle la température diminua et la matière basaltique et l'argilophyre se précipitèrent ou se solidifièrent. Cet effet eut peut-être lieu avec plus de rapidité, soit au moyen du courant d'air de la chaîne, amené à ce point par le canal ou cheminée formé par les roches de San-Christobal, soit par d'autres causes, comme les rosées, etc.

Cette hypothèse pourrait aussi expliquer pourquoi, vers la partie Ouest du rocher de Sainte-Lucie et du plateau de San-Christobal, on trouve des basaltes en forme de prismes accolés, indiquant un refroidissement plus lent que celui qu'on remarque dans les morceaux amorphes du sommet et de l'est, moins compactes et plus faciles à se décomposer. Serait-ce par hasard parce que les parcelles des derniers, en se précipitant d'une manière confuse, n'eurent pas le temps de s'arranger et de former des masses solides qui pussent cristalliser et présenter la même résistance que les prismes? Ne pourrait-on pas voir dans l'argilophyre et le mélaphyre, une des variétés du granite, dans lequel le quartz n'étant point parvenu à se fondre, serait resté à un état sablonneux, et le feldspath demi-cristallisé et tout mélangé? Le basalte ne serait-il pas la même substance avec moins de silice, fondu par la potasse ou la soude? Remarquons que le basalte prismatique de Hessemberg a 2,60 pour 100 de soude, et que le mica,

le feldspath et la mésotype sont tous fusibles et donnent un alcali. On sait d'ailleurs que la moindre quantité de silice aide la fusion de plusieurs substances dans les fourneaux.

Cette hypothèse pourra-t-elle expliquer avec quelque probabilité la composition, la cristallisation et le gisement du basalte de Sainte-Lucie? Ou ces collines pourront-elles être classées dans le douzième soulèvement de M. Élie de Beaumont, et par suite seront-elles plus anciennes que la chaîne, puisque d'après son système les Andes et les rochers les plus élevés sont plus nouveaux, et que leur élévation est due au déluge dont les Écritures nous parlent.

La baie de Valparaiso ou *Puerto-Daro-des-Conquerants*, est à 33°1'3" de latitude, et 11°41'50" de longitude, par rapport au méridien de Greenwich : elle est entourée de montagnes d'une élévation d'environ 1.000 à 1.400 pieds, dont les versants s'étendent jusqu'à la mer, à l'exception de la petite partie qu'occupent les maisons du port et la plage de l'Almendral. Le premier endroit est si étroit, qu'on a eu besoin d'entailler quelques collines pour y faire passer la route, et que l'art a dû faire retirer la mer de 12 à 14 mètres.

Les habitations, disséminées dans les ravins et sur les versants des montagnes, offrent le coup d'œil d'un amphithéâtre pittoresque. Sur la pointe du N.-N.-E. est situé le fort de *San-Antonio*, et sur la pointe de l'E.-N.-E. celui du Barou; leurs feux se croisent.

Ces forteresses sont situées sur des masses d'un granite qui ressemble au gneiss par l'abondance d'un mica brun foncé qu'il contient; mais comme il ne présente pas dans sa généralité de couches

minces, je m'abstiens de le caractériser comme un véritable gneiss.

Ce terrain constitue tous les alentours de Valparaiso, et s'étend à plusieurs lieues du N. au S., ainsi qu'à l'intérieur (*cuestas de Zapata y Bustamante*). Vers l'embouchure de la rivière Maule, aux 35°18′ de latitude, j'ai observé, sur la pointe de *Loba* et à la partie qu'on appelle les *Ventanas*, le même granite dont nous venons de parler.

Une quantité de veines presque parallèles de granite graphique, de feldspath rose et d'un quartz amorphe, traversent ce terrain, en se dirigeant en général du N. au S., avec une inclinaison vers l'est. Leur largeur est variable; plusieurs sont décomposées, perdent le mica et le feldspath, et présentent alors quelque ressemblance avec le grès. C'est ce qu'on observe tout près du fort de San-Antonio, dans le rocher *Alègre*, sur celui de la *Condillera*, dans la cour de l'hôtel de la douane, et dans plusieurs endroits des ravins.

A la *Toma*, près du moulin et avant de monter la pente sur la route de Santiago, on trouve une veine de granite qu'au premier coup d'œil on prendrait pour du quartz blanc amorphe, mais à la loupe on aperçoit un véritable granite, n'ayant presque point de mica et très-peu de feldspath. Dans cette roche sont disséminés une infinité de cristaux microscopiques, d'une couleur de rubis, et ressemblant, autant que j'ai pu voir, à des grenats ou à des zircons. Cette veine traverse le même terrain granitique des rochers voisins, et a une largeur d'à peu près 14 mètres. Sa direction est du N. au S., et elle penche vers l'est.

Un petit ruisseau sillonne ce rocher, et a creusé un canal de plus de 6 pouces de profondeur dans

certains endroits, et de 2 pouces c
plus inclinée. Si on calculait le ten
pour faire ce canal, d'après l'acti
solvante de l'eau sur le quartz et l
quels résultats arriverait-on sur l'âg
nète !

A côté de cette veine il y en a aut
gneiss, qui passe au mica-schiste ; lle a
mètre de largeur, et suit la même di tion.

J'ai trouvé l'amphibole foncé tira u noi
le fort projeté de la *Piedra Sucia*, po te du
queadero; il était accompagné d'un eldsp
veines très-minces. Au télégraphe él vé, d
mes observations, de 1.435,56 pie au-d
de la mer, j'ai trouvé l'épidote verte, ristall
la superficie, et formant une veine dans le gr
Dans la *Quebrada Verde*, vers le sud et du
de la mer, j'ai observé, dans le creux dont
avons parlé au commencement, une veine
quartz blanc demi-cristallisé, avec du mica et
talc verdâtre.

Le terrain granitique se décompose facilem
et le mica, prenant une couleur rouge de fer ox
présente à la surface l'apparence d'un sol rer
mant du minerai de fer. On trouve dans ces
rains des sables aurifères, d'où l'on tire de te
en temps de petites portions d'or.

Dans mon rapport sur les mines d'or du
rato et de la rivière *Maule*, l'on verra la méth
dont on se sert pour extraire ce métal préci

NOTICE

Sur l'emploi de la tourbe au fourneau à réverbère pour la refonte de la fonte de fer dans l'usine de Kœnigsbrunn (Würtemberg).

(Extrait du journal de voyage de MM. V. REGNAULT et SAUVAGE, élèves-ingénieurs des mines.)

L'usine de Kœnigsbrunn est placée vers le sommet du grand plateau de l'Albe, à trois lieues des petites villes d'Aalen et de Heidenheim. Cette usine se compose d'un haut-fourneau au charbon de bois marchant à l'air chaud, de deux fourneaux à réverbère pour le moulage en seconde fusion, de plusieurs forges marchant également à l'air chaud et munies de fours de chaufferie, enfin d'un laminoir à tôle situé à quelque distance de l'usine principale.

Les fourneaux à réverbère servent encore à faire subir à la fonte destinée à l'affinage, une espèce de mazéage qui rend ensuite l'affinage plus facile. On ne brûlait autrefois dans ces fourneaux que du bois; ce n'est qu'en 1833 qu'on eut l'idée de substituer à ce combustible de la tourbe préparée d'une manière convenable.

Voici les renseignements que M. Weberling, directeur de l'usine de Kœnigsbrunn, a bien voulu nous communiquer sur cet objet.

La tourbe que l'on brûle à Kœnigsbrunn est exploitée dans un grand nombre de tourbières disséminées sur le plateau jurassique de l'Albe. Cette

tourbe est d'une très-belle qualité, d'un brun foncé, et ne renferme que très-peu de matières organiques intactes. Elle contient peu de substances terreuses. Les cendres sont formées en grande partie de carbonate de chaux.

La tourbe est enlevée dans les tourbières en morceaux ayant à peu près les dimensions des briques ordinaires. Ces morceaux restent pendant environ six semaines exposés à l'air, avant d'être envoyés à l'usine. Mille pointes de tourbe coûtent sur la tourbière 50 kreutzers ou 1f,74, et occasionnent 2 florins = 4f,18 de frais de transport jusqu'à l'usine. 130 pointes de tourbe, ainsi séchées à l'air, pèsent environ un quintal würtembergeois, ou 43k,65; par suite, les mille pointes de tourbe pèsent 335k,61.

La tourbe, ainsi séchée à l'air, est encore loin d'être parvenue à un état de dessiccation et de compacité qui la rende propre à produire une haute température. On a cherché à lui donner cet état, en la soumettant à une compression très-forte exercée au moyen d'une presse à bras; mais cette opération qu'il fallait exécuter sur chaque pain en particulier, était très-dispendieuse, et ne remplissait d'ailleurs que très-imparfaitement le but que l'on se proposait. On ne pouvait pas exercer de cette manière une pression assez grande pour qu'elle se propageât jusqu'au centre des pains; ceux-ci n'abandonnaient que très-peu d'eau, et cette eau entraînait avec elle une quantité notable de matière combustible qui la colorait en brun. On a entièrement abandonné cette méthode à Kœnigsbrunn, et on lui a substitué un autre procédé qui a parfaitement réussi, et dont on fait actuellement un usage habituel. Ce procédé

consiste à dessécher les pains de tourbe dans un four particulier que l'on maintient à une température peu supérieure à 100°. La *fig.* 16, *Pl. IX*, représente une coupe verticale de ce four.

A est la chambre dans laquelle les tourbes sont desséchées; on y pénètre par la porte P. Le sol de cette chambre est formé par une plaque de fonte B, qui est chauffée en dessous par le foyer F.

Le mur C, qui forme le fond de la chambre de dessiccation A, est percé d'un grand nombre d'ouvertures qui le mettent entièrement à jour. Les ouvertures ne commencent qu'à 2 pieds environ du sol; elles sont pratiquées dans le mur, en écartant les briques d'une quantité égale à la longueur que l'on veut donner aux ouvertures.

L'air chauffé provenant du foyer F, après s'être étendu au-dessous de la plaque de fonte B, passe dans un tuyau recourbé T placé dans l'espace D, très-près du mur à jour C. Ce tuyau, après s'être recourbé en haut en syphon, traverse le mur E en O et se dégage à l'extérieur.

La chambre a de 9 à 12 pieds de haut, 8 pieds de large et 9 pieds de profondeur.

Les pains de tourbe ne sont pas placés immédiatement sur la plaque de fonte, parce que la température qu'elle acquiert est trop considérable. On place d'abord sur la plaque des bancs en bois de 1 pied de hauteur environ; sur ceux-ci on étend des planches, et par-dessus les planches on jette la tourbe pêle-mêle. De distance en distance on interpose dans la tourbe des canaux en bois formés par des lattes laissant entre elles des intervalles. Ces canaux donnent plus de porosité à la masse et conduisent l'air échauffé à travers toutes les parties.

a 11 pouces de hauteur au-dessus du pont et 8 pouces seulement vers le fond du fourneau. La grille a 36 pouces de large, elle est placée à 18 pouces au-dessous du pont. La somme des ouvertures de la grille ne reste pas la même quand on brûle du bois ou de la tourbe. Quand on emploie du bois, on admet que le rapport de la section de la grille à celle du rempant doit être de 13 à 1, et quand on brûle de la tourbe, on prend le rapport de 7 à 1. La cheminée de tirage a 66 pieds de haut. On fond à la fois dans ce fourneau 40 quintaux de fonte dans l'espace de 5 heures.

Quand on brûle de la tourbe, celle-ci est consumée presque instantanément, et le fondeur est obligé de charger sans relâche. Pour rendre ce service plus facile, et en même temps rendre la marche du fourneau plus uniforme, on a pratiqué dans la partie antérieure D du fourneau deux ouvreaux O, situés au-dessus de la grille, et par lesquels l'ouvrier jette continuellement la tourbe morceau par morceau.

Le tableau suivant peut servir à établir une comparaison entre le fondage à la tourbe et le fondage au bois.

NOMBRE DES FONTES.	PRODUITS.			CONSOMMATIONS.			UN QUINTAL DE FONTE a demandé		
Années 1833-1834.	Fonte masée.	Fonte moulée.	Somme.	Fonte.	Bois.	Tourbe.	Fonte.	Bois.	Tourbe.
	quint. livr.	quint. livr.	quint. livr.	quint. livr.	klafter.	pointes.	livres.	pieds cub.	
16 fontes au bois.	150.65	375.10	534.75	580.31	28 3/4	»	108,4	9,2	»
19 fontes à la tourbe. . .	248.70	258.41	507.11	536.13	»	107.200	105,7	»	211
1 fonte au bois.	30.10	»	30.10	34.05	2 1/4	»	113,1	12,8	»
22 fontes à la tourbe. . .	480.04	»	480.04	507.80	»	66.500	105,8	»	131
Somme et moyenne. . . .	918.49	633.51	1552.00	1658.29	31	173.700	106,8	9,3	176
Année 1835.									
78 fontes à la tourbe. . .	955.18	864.34	1819.52	1942.29	»	321.000	106,6	»	176,4

Le quintal dont il est question ici est le quintal du Würtemberg, qui se divise en 100 livres = 104 livres (poids de Cologne) = 43k,63.

Le pied est le nouveau pied würtembergeois = 127 lignes du pied de roi = $0^{pi},832$ = $0^{m},287$. Il est divisé en 10 pouces et le pouce en 10 lignes. Le pied cube würtembergeois = 0,680 du pied cube de roi = 0,03445 mètre cube. Le zuber renferme 20 pieds cubes würtembergeois = 0,6890 mètre cube. Le klafter renferme 144 pieds cubes würtembergeois ou $4^{m.c.}$,9608 = $4^{stèr.}$,9608.

Si maintenant nous comparons les nombres portés dans ce tableau, nous voyons que l'emploi de la tourbe au fourneau à réverbère a diminué notablement le déchet sur la fonte : car la moyenne des 16 fontes au bois a exigé $108^{liv.}$,4 de fonte pour produire 100 livres de fonte, ce qui donne un déchet de 7,8 p. $\frac{0}{0}$; tandis que la moyenne des 119 fontes à la tourbe a exigé $106^{liv.}$,3, ce qui donne un déchet de 5,9 p. $\frac{0}{0}$. Ainsi le déchet sur la fonte aurait diminué de près de 2 p. $\frac{0}{0}$ quand on a substitué la tourbe au bois. Il faut même remarquer que dans les fondages à la tourbe inscrits dans ce tableau, la proportion de fonte mazée par rapport à la fonte moulée en seconde fusion est notablement plus grande que dans les fondages au bois, et le mazéage produit nécessairement un plus grand déchet.

La diminution sur le déchet de la fonte ne peut être attribuée, il me semble, qu'à une plus haute température, et par suite à une fusion plus rapide que produirait la tourbe. La très-grande combus-

tibilité de cette tourbe parfaitement desséchée rend bien compte de ce résultat.

On voit également, par le tableau, que le quintal de fonte a exigé moyennement 176 $\frac{1}{4}$ pointes de tourbe ou 9$^{pi.c.}$,3 de bois ; ce qui donne pour la valeur du pied cube de bois en tourbe 18,951 pointes, ou pour la valeur du mètre cube de bois ou du stère 550,10 pointes.

Les essais faits dans les Landes ont prouvé que la tourbe pouvait être employée avec avantage dans les fours à puddler et de chaufferie. Il n'est pas douteux que l'on ne parvienne à employer ce combustible dans les hauts-fourneaux ; mais il sera probablement nécessaire pour cela qu'il soit amené à un état de compacité plus grand que celui qu'il acquiert par la simple dessiccation à l'air. La dessiccation artificielle dans les fours remplira parfaitement cet objet; elle aura seulement l'inconvénient d'exiger un grand nombre de ces fours pour l'entretien d'un seul haut-fourneau; car, à en juger par l'exemple de Kœnigsbrunn, cette dessiccation est extrêmement lente. On ne peut pas la hâter en élevant davantage la température du four; car la tourbe bien desséchée prend feu comme de l'amadou, et dans ce cas, il serait impossible d'éviter un embrasement de la masse. On parviendrait probablement à rendre le temps de la dessiccation plus court, en employant pour le chauffage une meilleure disposition que celle adoptée à Kœnigsbrunn. On utiliserait évidemment beaucoup mieux la chaleur, si l'on faisait circuler l'air chauffé à travers des tuyaux de fonte ou de tôle, traversant la masse de tourbe dans

plusieurs sens. On pourrait d'ailleurs, dans un grand nombre de localités, faire servir à la dessiccation de la tourbe la chaleur perdue au gueulard du haut-fourneau.

NOTE

Sur quelques essais tentés en Allemagne, pour améliorer le fer obtenu par l'affinage de certaines espèces de fonte;

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, ingénieur en chef des mines.

L'économie toujours croissante avec laquelle les maîtres de forge anglais ont réussi depuis 40 ou 50 ans à produire de la fonte et du fer forgé, a fait sentir à la plupart des maîtres de forge du continent la nécessité de perfectionner les procédés que leurs pères leur avaient légués. Des usines à l'anglaise ont été élevées dans quelques localités que la nature avait pourvues des ressources nécessaires, et ce qui était plus difficile et peut-être plus important, diverses parties des procédés anglais ont été adaptées aux ressources locales que présentent les mines de fer et les forêts du continent.

Jusqu'ici ces essais de régénération ont eu principalement pour objet de diminuer la dépense en combustible et en main-d'œuvre nécessaires pour obtenir une quantité donnée de produits. On a agrandi un grand nombre de hauts-fourneaux, on y a mis en pratique le soufflage à l'air chaud, on a même tenté de substituer dans les hauts-fourneaux le bois au charbon, on a concentré l'affinage dans de vastes usines dans lesquelles on

a introduit les fourneaux à puddler et les laminoirs inventés en Angleterre; mais on a beaucoup négligé une source d'économies moins facile sans doute, mais non moins importante, qui consisterait à obtenir avec des matériaux donnés des produits de meilleure qualité, ou ce qui en serait une conséquence, des produits tolérables avec les minerais de mauvaise qualité qu'on peut se procurer à bon marché dans un grand nombre de localités.

Il était naturel que ce genre d'économies n'attirât que d'une manière très-secondaire l'attention des maîtres de forge anglais, parce que chez eux la nature des minerais étant très-uniforme, on pouvait s'en rapporter à une longue pratique pour trouver par degrés la meilleure manière de les traiter. Mais en France et en Allemagne, où les minerais sont très-variés, il y aurait matière à faire sur cet objet un grand nombre de tentatives.

Sur le continent, chaque maître de forge se trouve appelé, si je puis m'exprimer ainsi, à étudier spécialement les *maladies particulières de son fer*, et à demander à la science les moyens de les guérir.

Tout le monde connaît les heureux résultats des recherches auxquelles M. Berthier s'est livré sur la composition des laitiers des hauts-fourneaux; on sait aussi que M. Gueymard, ingénieur en chef des mines à Grenoble, a rendu d'importants services aux maîtres de forge de l'Isère, en leur enseignant dans quelles proportions leurs différents minerais devaient être mélangés; mais jusqu'ici la science n'avait pas eu autant de prise sur les procédés d'affinage.

Les hommes instruits qui, en Allemagne, s'oc-

cupent de l'industrie du fer s'agitent en ce moment de toutes parts pour remplir cette importante lacune; et quoique plusieurs des tentatives faites à cet égard ne soient encore que de simples essais, peut-être ne sera-t-il pas sans utilité de les signaler à l'attention des maîtres de forge et des ingénieurs français.

En 1835 M. le docteur Schafhäutel et M. Böhm, de Munich, conçurent l'idée d'un perfectionnement à apporter dans l'affinage du fer, pour lequel le premier prit une patente dans plusieurs états de l'Allemagne et en Angleterre. La description de son procédé a été imprimée à Londres dans le *Repertory of patent inventions*, et elle a été reproduite ainsi qu'il suit dans le Bulletin de la Société d'encouragement, février 1836, p. 71.

« *Nouveau procédé pour adoucir la fonte de fer,*
» *par M.* Schafhäutel.

» L'auteur a pris en Angleterre, le 13 mai 1835,
» une patente pour ce procédé qu'il décrit de la
» manière suivante. Pour produire du fer doux,
» on prend 1 livre $\frac{3}{4}$ (857 grammes) d'oxide noir
» de manganèse, 3 livres $\frac{3}{4}$ (1k,836) de muriate
» de soude, et 10 onces (306 grammes) d'argile
» à potier. Ces matières, qui doivent être parfai-
» tement pures et sèches et privées de toute ma-
» tière hétérogène, sont réduites en poudre fine et
» bien mélangées. D'autre part on traite dans un
» fourneau à puddler 300 livres (146k,852) de
» fer en gueusets avec la quantité de laitier ordi-
» naire. Quand la masse est en fusion, on abaisse
» le registre de la cheminée jusqu'à ce que la
» flamme, en passant sur le bain, soit transpa-

» rente et bien pure, de manière à permettre
» d'apercevoir le métal pendant toute l'opéra-
» tion. Si la flamme prenait une couleur obscure
» et jaunâtre, il faudrait ouvrir l'orifice pratiqué
» dans la porte du foyer, afin d'augmenter le ti-
» rage. Trois ou quatre minutes après que la
» masse est en parfaite fusion, ce qui dépend de
» la marche plus ou moins accélérée du fourneau,
» le métal prend une consistance pâteuse, et
» c'est à ce moment qu'on y projette les matières
» ci-dessus indiquées, qu'il faut placer près du
» fourneau dans une température chaude et sè-
» che. On les divise en douze portions d'une
» demi-livre chaque, et on les introduit dans le
» fourneau à une ou deux minutes d'intervalle, à
» l'aide d'une petite spatule cylindrique de la
» capacité d'une demi-livre. Aussitôt que la pre-
» mière portion est projetée sur le métal, il faut
» l'incorporer le plus promptement possible à
» l'aide du ringard. La masse devient alors plus
» liquide, et il se dégage des flammes pâles et
» jaunâtres à sa surface; deux minutes après, on
» introduit la seconde portion, et ainsi de suite.
» Après l'introduction de la troisième ou qua-
» trième portion, la masse se boursoufle par l'ef-
» fet des gaz qui se dégagent. Comme c'est alors
» que le fer se sépare des matières qu'il contient,
» il faut redoubler de précautions. La flamme
» prend un aspect plus vif et plus pur, et à ses
» extrémités on remarque une teinte bleu clair
» qui s'élève à cinq ou six pouces. Le moyen le
» plus sûr de déterminer les intervalles pour l'in-
» troduction des matières, c'est d'observer si le
» volume de la flamme décroît; car ce décroisse-
» ment annonce que l'effet des précédentes por-

» tions est épuisé et qu'il faut en ajouter de nou-
» velles. Dans tous les cas, on doit empêcher que
» la masse prenne trop de consistance; aussitôt
» qu'on s'en aperçoit, on y projette une ou même
» deux mesures de poudre; mais l'indice le plus
» certain que l'opération est achevée, c'est la cou-
» leur bleue de la flamme. On voit donc que le
» point essentiel consiste, 1° à régler le volume et
» l'intensité de la flamme pendant tout le cours
» de l'opération, qui dure environ une demi-
» heure; 2° à manœuvrer rapidement avec le rin-
» gard pendant l'espace de deux ou trois minutes
» après l'introduction des dernières portions.

» Pour obtenir du fer plus dur propre à être
» converti en acier, on emploie trois à quatre
» pelletées de battitures et de résidus de fer qui
» tombent des laminoirs, et trois pelletées de
» laitier; mais alors on ne prend que moitié de la
» quantité de manganèse indiquée ci-dessus.

» Dans ce procédé on n'aperçoit les flammes
» bleues qu'après l'introduction de la onzième ou
» de la douzième portion. » (Rep. of patent in-
vent. décembre 1835.)

Depuis peu des essais en ce genre ont été tentés dans les forges du Bas-Rhin et dans celles de Hayange, département de la Moselle, mais il ne paraît pas qu'on ait obtenu jusqu'ici de résultats décisifs.

Ayant eu récemment l'occasion de visiter les forges du *Fichtelgebirge*, dans le cercle du Haut-Mayn en Bavière, j'y ai trouvé le procédé de M. Schafhäutel en pleine activité, et je vais faire connaître ici les résultats dont j'ai été témoin, ainsi que les renseignements qui m'ont été com-

muniqués avec la plus grande obligeance par M. le Bergmeister *de Huber* et M. le Bergoffiziant *Micheler*.

Il existe près de Fichtelberg, sur le cours de la *Naab*, quatre usines à fer, savoir les deux forges d'*Alt-unter-lind* et de *Mittler-lind*, et les deux laminoirs à tôle de *Neu-unter-lind* et de *Fichtelberg*. Toutes ces usines appartiennent au gouvernement bavarois.

Dans l'usine d'*Alt-unter-lind* il y avait depuis longtemps deux feux d'affinerie ordinaires et deux marteaux. On y a établi depuis peu un fourneau à puddler, qui concourt avec les deux feux d'affinerie à la production du fer destiné à la fabrication de la tôle.

On fit d'abord construire un fourneau à puddler sur le modèle de ceux employés dans les usines à l'anglaise, marchant à la houille, par un ouvrier puddleur qui avait travaillé à l'usine de Charenton, près Paris. Au-dessous de la sole du fourneau est établie une nappe d'eau qu'on renouvelle à chaque opération, afin de le refroidir.

Ce fourneau a été constamment chauffé avec de grosses bûches de bois de pin (*pinus sylvestris*) et de sapin (*abies excelsa*), simplement séchées à l'air. Mais M. le Bergmeister *de Huber* n'a pas tardé à remarquer que les proportions n'étaient pas complétement appropriées à l'emploi du bois comme combustible, et il les a fait modifier. La consommation du fourneau à puddler est maintenant réduite, par suite de cette modification, à un peu moins de 3 klafter ou de 486 pieds cubes (mesure de Bavière) en 24 heures.

Chaque opération dure entre 2 et 3 heures. On charge dans chacune 200 livres de fonte (poids de Bavière) coulée en plaques de 2 à 3 pouces d'épaisseur. Mais on a reconnu qu'il y aurait de l'avantage à couler préalablement cette fonte au sortir du haut-fourneau, en plaques d'une épaisseur moitié moindre.

Lorsque la fonte est fondue et réduite en un bain liquide qui couvre la sole du fourneau, on la brasse fortement avec un ringard jusqu'à ce qu'elle soit réduite en une *masse grumeleuse*, comme dans le traitement à la houille, et on la réduit finalement en loupes ou balles qui sont forgées sous le marteau et réduites en *massieaux*. Ces *massieaux* sont réchauffés plus tard dans les anciens feux d'affinerie, pour être réduits en barres larges et plates, propres à être portées sous les laminoirs à tôle.

On traite ordinairement à chaque opération 200 livres de fonte (poids de Bavière), qui donnent 186 ou 188 livres de fer en massieaux.

Ce fer, réchauffé dans les feux d'affinerie et reforgé, donne 156 livres de fer de maréchal, propre à être converti en tôle. Ainsi la fonte subit dans le puddlage un déchet de 6 à 7 p. $\frac{o}{o}$, et dans la totalité de l'affinage un déchet de 22 p. $\frac{o}{o}$.

On brûle 26 à 28 pieds cubes (un peu moins d'un mètre cube) de bois dans le fourneau à puddler, pour obtenir un quintal de fer en massieaux, prêt à être réchauffé dans les feux d'affinerie.

En coulant la fonte en plaques plus minces, on réduit la dépense à 23 ou 24 pieds cubes, pour 100 livres de massieaux.

Depuis environ six mois, c'est-à-dire depuis le mois d'avril, on met en pratique dans le fourneau à puddler d'*Alt-unter-lind*, le procédé de M. Schafhäutel à peu près tel qu'il est décrit dans la patente transcrite ci-dessus.

Le mélange de sel marin, de peroxide de manganèse et d'argile, qu'on appelle *verbesserungs mittel*, est effectué suivant les proportions ci-dessus mentionnées, savoir : 3 livres $\frac{3}{4}$ de sel marin (*Kochsalz*), 1 livre $\frac{3}{4}$ de peroxide de manganèse (*Braunstein*) d'Ilmenau ou d'Amberg, et $\frac{5}{8}$ de livre d'argile. Le tout est réduit en une poudre de couleur noirâtre qu'on renferme dans des cartouches de papier. Chaque cartouche pèse un quart de livre. Ces cartouches sont projetées de quart d'heure en quart d'heure sur le bain de fonte en fusion qui couvre la sole du fourneau à puddler. Ordinairement trois cartouches suffisent. Lorsqu'une de ces cartouches tombe sur le *bain de fonte liquide*, le papier qui en forme l'enveloppe est immédiatement brûlé, et le mélange se répand sur le bain incandescent où il décrépite très-vivement. L'ouvrier qui brasse constamment la fonte, depuis le moment de sa fusion complète jusqu'à la fin de l'opération, a soin de donner des coups de ringard sur le mélange de manière à le faire pénétrer dans la masse liquide. Son introduction paraît augmenter la quantité de *bulles gazeuses* qui se dégagent toujours du bain de fonte, et qui contribuent avec les coups de ringard à en agiter la surface. Des yeux très-exercés reconnaissent en outre quelques légers changements dans la couleur de la lumière que répandent diverses parties de l'intérieur du fourneau, et on m'a assuré que la fumée qui se dégage

par la cheminée acquiert une odeur de chlore assez marquée.

Le reste des effets du *verbesserungs mittel* ne s'apprécie que dans la qualité des massieaux obtenus à la fin de l'opération. Ces effets varient essentiellement avec la nature de la fonte employée.

On affine ordinairement à la forge d'*Alt-unterlind* de la fonte provenant du haut-fourneau de *Königshütte*, situé près d'*Arzberg*, sur la frontière de la Bohême. Cette fonte est en partie grise et en partie truitée. Elle est obtenue en traitant un mélange du fer oligiste micacé, qui se trouve dans des filons à gangues quartzeuses, encaissés dans les granites du Fichtelgebirge, et d'hématite brune qu'on exploite près d'Arzberg. Dans le traitement de ces minerais on ajoute de l'argile comme fondant; ce qui, d'après M. le Bergmeister *de Huber*, permettrait de supposer que que dans la fonte de Königshütte l'aluminium se trouve allié en même temps que le silicium, circonstance propre selon lui à en rendre l'affinage plus facile. Cette fonte a donné de tout temps un fer ductile et propre à la fabrication de la tôle.

L'introduction dans l'usine du procédé de M. Schafhäutel a laissé au fer ses anciennes qualités, mais sans les augmenter dans une proportion très-notable, et peut-être aurait-on cessé de le mettre en pratique s'il n'avait l'avantage de n'occasionner ni embarras ni dépense bien sensible.

Mais si le procédé de M. Schafhäutel n'a produit que peu d'effet dans l'affinage d'une fonte exempte des défauts que ce procédé est surtout propre à corriger, il en a été tout autrement lors-

que les ouvriers exercés à la petite manœuvre qu'il exige en ont fait l'application à une *fonte qui, traitée par le procédé ordinaire, donnerait du fer cassant à froid*. C'est là surtout ce qui m'a paru important dans l'essai dont j'ai été témoin le 14 et le 15 octobre derniers.

On venait en effet de commencer à traiter dans le fourneau à puddler de la fonte provenant du haut-fourneau de *Weiherhammer*, situé près de Neustadt, entre Fichtelberg et Amberg, où on l'obtient en traitant des minerais argileux (*thon eisenstein*). Cette fonte est grise et parsemée d'un grand nombre de lamelles brillantes de plombagine, qui lui donnent un aspect cristallin et hétérogène. Elle produit d'assez bonne moulerie; mais le fer qu'on en retire par le procédé d'affinage ordinaire est *cassant à froid et serait absolument impropre à la fabrication de la tôle*.

Cette fonte était coulée en plaques de 2 à 3 pouces d'épaisseur. On la cassait en fragments de 12 à 15 pouces de longueur, et on en chargeait 200 livres à la fois dans le fourneau à puddler. Elle coulait sans plus de difficulté que la fonte de Königshütte, employée ordinairement, mais une fois fondue elle était plus longtemps à sécher (*trocken*), c'est-à-dire à se réduire en une masse grumeleuse, que n'est cette dernière, de sorte que le brassage durait plus longtemps, et que chaque opération durait en tout 3 heures et quelques minutes. Le mélange de sel marin, de peroxide de manganèse et d'argile, était projeté dans le fourneau par cartouches d'un quart de livre chacune, et brassé comme il a été dit ci-dessus. La première cartouche était projetée environ 1 heure

après le commencement de l'opération; deux autres étaient projetées ensuite successivement à un quart d'heure d'intervalle. Dans les premières opérations, on avait cru devoir projeter jusqu'à cinq cartouches, mais ensuite trois cartouches avaient été reconnues suffisantes, comme lorsque l'on traite la fonte de Königshütte. En général il paraît que lorsqu'on commence une nouvelle série d'opérations, il faut employer une plus grande quantité de *verbesserungs mittel* jusqu'à ce que la masse des scories soit imprégnée des substances que ce mélange y introduit.

Au bout d'environ 2 heures $\frac{1}{4}$, la fonte commençait à sécher, c'est-à-dire à se réduire en grumeaux. Au bout de 2 heures $\frac{3}{4}$, elle était complétement réduite à cet état. On la formait alors en loupes ou balles qu'on portait successivement au nombre de 7 ou 8 sous le marteau, où elles étaient forgées en *massieaux*. Dans cette opération il coulait autour de l'enclume une certaine quantité de scories. Le forgeage des massieaux durait environ 20 minutes, après quoi on rechargeait de nouvelle fonte dans le fourneau à puddler, après en avoir renouvelé la nappe d'eau intérieure, et y avoir rejeté une partie des scories tombées autour de l'enclume.

Les massieaux obtenus devant moi, comme il vient d'être dit, ont été réchauffés devant moi dans les foyers d'affinerie, et forgés en plaques larges et épaisses pour être portés aux laminoirs à tôle. Ils ont donné un fer aussi nerveux et aussi propre à la fabrication de la tôle que celui qu'on retire ordinairement de la fonte de Königshütte.

J'ai pris des échantillons de ce fer, aussi bien

que de la fonte employée et des scories tombées autour de l'enclume dans le forgeage des massieaux. Le tout pourra être analysé dans le laboratoire de l'Ecole des mines.

Les massieaux obtenus dans les opérations précédentes avaient déjà été portés au laminoir, où ils avaient été laminés avec succès.

L'essai dont je viens d'indiquer les résultats ayant été satisfaisant, il paraissait décidé que le puddlage avec le *verbesserungs mittel* serait établi à l'usine de *Weiherhammer*; on parlait aussi de l'établir à l'usine de *Bodenwöhr*, située près de Nittenau.

Le défaut du fer provenant des fontes de *Weiherhammer* et de *Bodenwöhr* est d'être *cassant à froid* (*kaltbrechig*); et ce défaut paraît tenir essentiellement à la nature des minerais traités dans ces deux usines.

Au haut-fourneau de Weiherhammer, on traite les minerais de Sulzbach et de Langenbruck. Ces minerais sont du fer hydraté un peu terreux (*thon eisenstein*), qui sont un hydrate à cassure terreuse, en lopins tuberculeux irréguliers, mélangés avec des parties argileuses, et formant ainsi des couches qui peut-être ont été originairement des couches pétries de grains d'hydrate et de silicate avec coquilles. Ils paraissent superposés au calcaire du Jura et déposés dans des espèces de poches. On en tire de la fonte moulée et de la gueuse qui donne du fer cassant à froid.

Au haut-fourneau de Bodenwöhr, près de Nittenau on traite les minerais de Bodenwöhr et d'Amberg. On obtient de très-bonne fonte moulée; mais c'est presque l'unique produit de l'usine,

parce que le fer qu'on peut retirer de cette fonte par le procédé d'affinage ordinaire est encore plus cassant que celui de Weiherhammer.

On voit par les détails que je viens de donner que la fonte des usines de *Weiherhammer* et de *Bodenwöhr* ressemble, par les minerais dont elle provient et par le fer qu'elle produit dans le procédé d'affinage ordinaire, à beaucoup de fontes de France qui donnent de bonne moulerie et du fer cassant à froid. Les résultats favorables de l'essai fait à l'usine d'*Alt-unter-lind* sur la fonte de *Weiherhammer* sembleraient donc propres à en provoquer de semblables dans celles des usines de France qui donnent des *fers cassant à froid*.

Les usines de *Fichtelberg* ne sont pas les seules en Allemagne dans lesquelles on ait essayé l'emploi du *verbesserungs mittel*. On m'a assuré qu'on a aussi essayé de s'en servir dans l'usine de *Königsbrunn*, située près d'Aalen, en Würtemberg.

Comme il n'y a pas à Königsbrunn de fourneau à puddler, on porte la fonte au sortir du haut-fourneau dans un autre fourneau (sans doute une espèce de mazerie), où on jette le mélange de sel, de manganèse et d'argile. On m'a assuré qu'on avait obtenu de cette manière des effets satisfaisants; mais n'ayant pu aller moi-même à Königsbrunn, je n'ai pas à cet égard de documents précis.

On a de plus essayé en Würtemberg de mettre en usage pour l'affinage du fer, des *réactifs* tout à fait différents de ceux qui entrent dans le *verbesserungs mittel* de M. Schafhäutel.

A *Unter Kochen*, près d'Aalen, on a fait des essais pour affiner la fonte de *Wasseralfingen* dans

un feu de forge ordinaire, en y jetant de temps à autre quelques poignées de *salpêtre*.

J'ai vu à Stuttgard, entre les mains de M. le baron de Kerner, directeur général des mines, et de M. Schübler, conseiller des mines, de nombreux échantillons d'un fer très-ductile, qui n'avait pu être rompu par torsion qu'avec beaucoup de difficulté. Il provenait des essais que je viens de mentionner. J'ignore du reste quelle est la quantité de salpêtre employée et le déchet produit par l'opération. La fonte de Wasseralfingen, de laquelle ce fer avait été extrait, est retirée d'un mélange de minerai pisiforme et de minerai en petits grains, qui forme une couche près de Wasseralfingen, dans la partie inférieure du terrain jurassique. Elle donne d'excellente moulerie; mais elle est difficile à affiner, et ressemble ainsi, tant par son origine que par sa nature, à beaucoup de nos fontes de France.

M. Schönbein, professeur de chimie à l'université de Bâle, m'a en outre assuré que dans quelques usines d'Allemagne on a employé, à la place du verbesserungs mittel de M. Schafhäutel, des mélanges de *chaux*, de peroxide de manganèse et d'argile.

Avant de terminer cette note, je crois devoir dire aussi quelques mots de l'introduction du soufflage à l'air chaud dans les usines à fer de l'Allemagne.

Lorsque j'ai visité la fonderie de Wasseralfingen, près d'Aalen, en Würtemberg, l'appareil que M. de Faber du Four y a établi, il y a quatre ans, pour le chauffage de l'air par la chaleur perdue du gueulard, fonctionnait toujours d'une manière satisfaisante.

L'un des deux hauts-fourneaux de Wasseralfingen vient d'être mis hors, après une campagne de 5 ans, dont 4 au moins avec l'air chaud.

Le 2e marche depuis 4 ans avec l'air chaud.

L'air chaud produit à Wasseralfingen une économie d'un tiers sur le combustible, et il rend la fonte plus grise et moins dure.

L'appareil est toujours tel qu'il a été décrit dans les Annales des mines par M. Voltz. On emploie l'air à 270° de Réaumur. L'intérieur du fourneau, vu par la tuyère, paraît d'un blanc plus éclatant que dans ceux qu'on souffle à la température ordinaire. Ce procédé peut être considéré comme *définitivement naturalisé dans l'usine de Wasseralfingen*, citée à juste titre comme une des usines-modèles de l'Allemagne.

Le procédé de l'air chaud a été aussi appliqué avec succès dans les usines à fer du Fichtelgebirge, non-seulement au haut-fourneau de Königshütte, mais aussi aux feux d'affinerie.

Un appareil pour l'air chaud est établi au haut-fourneau de Weiherhammer; il y en a également un au haut-fourneau de Bodenwöhr.

J'ajouterai encore que l'attention de toutes les personnes qui, en Allemagne, s'occupent de l'industrie du fer, est maintenant éveillée sur la substitution du bois desséché au charbon dans les hauts-fourneaux. Des essais tentés à ce sujet par M. de Faber du Four, à l'usine de Wasseralfingen, présagent d'heureux résultats.

Les divers essais mentionnés dans cette note sont sans doute encore fort imparfaits; mais on peut dire que par eux et par quelques autres du

froi dans toutes les industries où la fonte joue, comme conduite des eaux, un rôle important. Aussi de célèbres chimistes s'efforcèrent-ils sur-le-champ de rechercher les causes du mal et de concilier avec la théorie la singularité des phénomènes observés. En même temps, une commission composée d'ingénieurs et d'hommes spéciaux discutait à Grenoble les moyens de détruire cette espèce de végétation ferrugineuse, ou d'en arrêter le progrès; mais le problème semblait grandir et se compliquer, à mesure qu'on l'examinait plus attentivement dans toutes ses conditions et sous toutes ses faces; et cependant de nouveaux jaugeages annonçaient une diminution de débit tellement progressive qu'on était conduit à conclure par analogie qu'avant cinq ans les fontaines pourraient cesser de couler.

Dans une situation qui paraissait aussi désespérée, deux membres de la commission, MM. Vicat et Gueymard, persuadés que les tubercules s'engendraient aux dépens de la fonte, s'appliquèrent en particulier à la recherche d'un enduit à la fois peu coûteux, indestructible, et capable d'empêcher l'oxidation, cause unique du mal.

D'un autre côté, pour n'être point prise au dépourvu, la commission voulut s'assurer du degré de solidité et d'imperméabilité que l'on pouvait attendre d'une conduite en poterie, noyée dans un massif de mortier hydraulique d'une épaisseur suffisante.

L'objet de cette notice est de rendre compte des résultats de ces diverses tentatives. On commencera par les enduits.

Essais d'enduits.

Quelques exemples de tuyaux, préservés ou censés préservés par de légères incrustations calcaires ou limoneuses, avaient inspiré à M. Gueymard l'idée de provoquer des incrustations analogues, en faisant charrier par l'eau des substances propres à cet objet dans les conduites déjà établies, ou en laissant précipiter à diverses reprises des eaux calcaires ou limoneuses dans des tuyaux isolés. M. Vicat, adoptant le principe, pensa qu'il serait plus facile et plus expéditif de couvrir immédiatement le métal par des enduits à base de chaux hydraulique. Cette idée ayant prévalu, on procéda sans délai à l'essai des compositions suivantes (1) :

N° 1. Chaux hydraulique en poudre tamisée, obtenue par immersion et délayée avec du fromage blanc et addition d'eau jusqu'à consistance collante.

N° 2. 293 parties en poids de chaux obtenue comme ci-dessus; 225 parties en poids de cendres de bois tamisées.

N° 3. 1 volume de chaux comme ci-dessus mesurée en poudre non tassée; 1 volume de sable ordinaire plutôt fin que gros.

N° 4. 15 parties en poids de chaux hydraulique préparée comme ci-dessus; 1 partie de colle forte.

---

(1) Il est inutile de dire pourquoi on n'a pas même tenté d'essayer du vernis gras ordinaire, dont la destruction sous l'eau est si rapide. L'emploi de la cire eût été trop cher. Le caoutchouc, dissous dans l'essence et passé à 3 ou 4 couches, couvre si peu, qu'un tuyau ainsi enduit et immergé s'est tapissé de tubercules, comme s'il était nu.

N° 5. 1 volume de chaux comme ci-dessus; 2 volumes d'argile en poudre tamisée.

N° 6. 10 parties en poids de chaux comme ci-dessus; 15 parties d'argile en poudre; 1 partie de colle forte.

Détail des expériences.

Tuyau n° 1. Fonte blanche. — Couvert extérieurement avec l'enduit n° 1, ayant séjourné du 1er janvier au 1er juin 1834 dans le bassin du château d'eau. Sorti ce jour-là, reçoit une seconde couche extérieure et deux couches successives intérieures sur la moitié de sa longueur seulement. Est immergé à la citerne de prise d'eau le 5 juin 1834, la partie enduite tournée contre le courant.

Ce tuyau, examiné le 22 mai 1835, offre : 1° extérieurement, quelques taches rares, avec tendance apparente à produire des tubercules; 2° intérieurement, sur la partie enduite, taches semblables; sur la partie nue beaucoup de tubercules clair-semés, plus en dessus qu'en dessous, épais de 2 à 3 millimètres.

Immergé et examiné de nouveau le 15 mai 1836, le même tuyau offre : 1° extérieurement, altération de l'enduit et traces d'oxidation sur les parties altérées, mais sans tubercules. Enduit dur partout où il n'est pas détérioré. Surface altérée formant environ le cinquième de la surface totale. 2° Intérieurement, oxidation dans les endroits où l'enduit a disparu, avec légères protubérances. Sur la partie nue, tubercules disposés en lignes droites dans le sens de la longueur.

Il résulte de ces observations que l'enduit n° 1 ne résiste pas uniformément, mais que là même

où il se détériore, les tubercules surgissent difficilement.

Tuyau n° 2. Fonte blanche. — Couvert extérieurement avec l'enduit n° 2. Ayant séjourné du 1er janvier au 1er juin 1834 dans le bassin du château d'eau. Sorti ce jour-là, reçoit une seconde couche sur les taches de rouille, préalablement grattées au vif, et une couche intérieure sur la moitié de sa longueur. Est immergé dans la citerne le 5 juin 1834, la partie enduite tournée contre le courant.

Ce tuyau examiné le 22 mai 1835 offre : 1° extérieurement, sur la partie touchant au sol de la citerne, quelques altérations tuberculeuses. Sur le reste de la surface quelques traces d'oxide de fer non tuberculeuses. 2° Intérieurement, sur la partie enduite, quelques altérations avec tendance tuberculeuse. Sur la partie non enduite, des tubercules sur les côtés et dans le bas, en lignes droites, clair-semés; épaisseur, 2 à 3 millimètres.

Immergé de nouveau et examiné le 15 mai 1836, le même tuyau offre : 1° extérieurement, taches inégales d'oxide de fer irrégulièrement distribuées. En les râclant on reconnaît que l'oxide a traversé d'abord l'enduit et fini par l'altérer. La somme des taches égale le tiers de la surface totale. 2° Intérieurement, sur la partie enduite, légères altérations de même nature qu'à l'extérieur, et dont l'étendue forme à peu près le $\frac{1}{5}$ de la surface totale. Sur la partie nue, nombreux tubercules disposés en lignes droites dans le bas et sur les côtés.

Il résulte de ces observations que l'enduit n° 2 ne résiste pas uniformément, qu'il se laisse traverser par l'oxidation; mais on voit aussi que sur

les surfaces où il s'altère, les tubercules, qui d'abord semblent naître, ne se sont point développés.

Tuyau n° 3. Fonte blanche. — Couvert extérieurement avec l'enduit n° 3 et intérieurement sur la moitié de sa longueur. Placé dans la citerne le 5 juin 1834; la partie enduite tournée contre le courant.

Examiné le 22 juin 1835, ce tuyau offre : 1° extérieurement, altération nulle ou presque nulle. Deux ou trois taches d'oxide de fer sur la partie en contact avec le sol de la citerne. 2° Intérieurement sur la partie enduite, quelques taches de rouille sans tubercules. Sur la partie nue beaucoup de tubercules.

Immergé de nouveau et examiné le 15 juin 1836, le même tuyau offre : 1° extérieurement, plusieurs taches irrégulières d'oxide de fer formant ensemble $\frac{1}{10}$ de la surface totale, et placées généralement sur les points où l'enduit s'est trouvé le plus mince ; 2° intérieurement, conservation parfaite sur les $\frac{4}{5}$ du pourtour de la partie enduite, et taches de rouille sur le reste, alignées suivant la longueur du tuyau. Sur la partie nue, beaucoup de tubercules alignés de la même manière, plus nombreux dans le haut et le bas que sur les côtés.

Il résulte de ces observations que l'enduit n° 3 se maintient et ne se laisse percer que dans les endroits où il est très-mince, sans donner lieu toutefois à aucun tubercule.

Tuyau n° 4. Fonte blanche. — Ce tuyau a séjourné avec l'enduit extérieur n° 4, du 28 janvier au 1er juin 1834, dans le bassin du château d'eau. Sorti le même jour, il a reçu une seconde couche extérieure complète, et 2 couches inté-

rieures sur la moitié de sa longueur seulement. Les couches intérieures ont été mal posées. Les couches extérieures couvraient bien. En cet état le tuyau a été placé dans la citerne le 5 juin 1834, la partie intérieure enduite tournée contre le courant.

Examiné le 22 mai 1835, il offre : 1° extérieurement, un peu d'altération sur les parties en contact avec le sol de la citerne. Hors de cette ligne, quelques tubercules naissent, mais en petite quantité. 2° Intérieurement, sur la partie enduite, quelques taches d'apparence tuberculeuse. Sur la partie nue, quelques tubercules, mais moins que sur les autres tuyaux.

Immergé de nouveau et examiné le 15 mai 1836, ce même tuyau offre : 1° extérieurement, surfaces tachées et très-altérées. Enduit sans consistance étant mouillé, durcissant en séchant. 2° Intérieurement, sur la partie enduite, trois à quatre tubercules à une extrémité ; le reste taché sans aucune protubérance. Les taches occupant ensemble le quart de la surface totale. Sur la partie nue, quelques tubercnles toujours alignés.

Il résulte de cette observation que l'enduit n° 4 ne se maintient pas et laisse percer des tubercules.

Tuyau n° 5. Fonte blanche. — Ce tuyau a séjourné avec l'enduit extérieur n° 5, du 1er janvier au 1er juin 1834, dans le bassin du château d'eau. Sorti ce même jour, recouvert du même enduit sur les parties endommagées et de deux couches intérieures sur la moitié de sa longueur, il a été placé le 5 juin 1834 dans la citerne de prise d'eau ; la partie enduite intérieure tournée contre le courant.

Il faut remarquer qu'en séchant l'enduit se fen-

dillait tant extérieurement qu'en dedans, et laissait ainsi la fonte à nu en plusieurs points.

Examiné le 22 mai 1835, ce tuyau offre : 1° extérieurement une légère altération sur la partie en contact avec le sol de la citerne. Ailleurs point d'altération. 2° Intérieurement, partie enduite, sur un endroit où s'est déposé du sable vaseux, altération. Sur la partie nue, tubercules clairsemés d'un petit volume et en petite quantité.

Examiné le 15 mai 1836, le même tuyau offre: 1° extérieurement, surface tachée avec tendance tuberculeuse ; les taches occupent le sixième de la surface totale, et correspondent aux endroits les plus minces de l'enduit. 2° Intérieurement, partie enduite parfaitement intacte, sauf le point signalé en 1835. La partie nue offre quelques tubercules en haut et surtout dessous, alignés comme à l'ordinaire.

Il résulte de cette observation que l'enduit n° 5 résiste partout où il couvre suffisamment, et qu'il empêche les tubercules de naître là même où il laisse percer l'oxidation. Tout annonce que le fendillement signalé aura disparu par suite de l'immersion qui aura fait gonfler l'enduit. Toujours est-il que ce fendillement est un défaut capital.

Tuyau n° 6. Fonte blanche. — Couvert extérieurement avec l'enduit n° 6, et placé dans le bassin du château d'eau depuis le 28 janvier jusqu'au 1er juin 1834. Sorti ce même jour, recouvert du même enduit dans la partie endommagée, garni ensuite intérieurement de deux couches sur la moitié de sa longueur. En cet état, l'enduit se trouvait dans de bonnes conditions de durée. Ce tuyau a été immergé dans la citerne le 5

juin 1834, la partie enduite tournée contre le courant.

Examiné le 22 mai 1835, il offre : 1° extérieurement des altérations sur quelques points peu nombreux, et des tubercules sur des lignes saillantes provenant d'un défaut de moulage ; 2° intérieurement, la partie enduite est sans altération. La partie nue a des tubercules de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, alignés comme à l'ordinaire.

Examiné le 15 mai 1836, le même tuyau offre : 1° extérieurement, quelques tubercules sur la partie en contact avec le sol de la citerne et des taches d'oxide qui couvrent la moitié de la surface ; 2° intérieurement, la partie enduite est intacte, sauf une petite étendue à l'entrée du tuyau ; encore est-il probable que l'oxide y soit arrivé par transport du bord contigu. Sur la partie nue, tubercules nombreux en dessous et par côtés, alignés comme à l'ordinaire.

Il résulte de ces observations que l'enduit n° 6 laisse percer l'oxidation et n'empêche pas la formation des tubercules au contact du sol de la citerne.

Les six tuyaux précédents sont en fonte blanche, aigre et cassante ; ils ont 1^{m},10 de longueur sur 0^{m},08 à 0^{m},09 de diamètre.

Tuyau n° 1 *bis*. Manchon de 0^{m},4 de longueur sur 0^{m},25 de diamètre en fonte grise. — Couvert intérieurement seulement avec l'enduit n° 1, sans le secours du pinceau, en faisant couler l'enduit et tourner le manchon.

La matière a coulé et laissé dans le bas un dépôt sous forme de bande rectiligne de 0^{m},04 de largeur. Le reste de la surface s'est ainsi trouvé dégarni et peu couvert. Immergé en cet état dans

la citerne le 5 juin 1834, et examiné le 22 mai 1835, ledit manchon offre : 1° extérieurement des tubercules si nombreux qu'ils tapissent la surface. Epaisseur de 4 à 6 millimètres. 2° Intérieurement, à l'endroit de la bande, aucune altération, ailleurs point de tubercules.

Examiné le 15 mai 1836, le même manchon offre : 1° extérieurement, tubercules contigus; 2° intérieurement, à l'endroit de la bande, aucune altération, ailleurs légères altérations sur $\frac{1}{16}$ de la surface à l'entrée où l'oxidation est continue.

Il résulte de ces observations que l'enduit n° 1, appliqué uniformément et en épaisseur suffisante, se maintient bien; on voit aussi que, quoiqu'en couche fort mince, s'il n'empêche pas tout à fait l'oxidation, il prévient la formation des tubercules.

Tuyau n° 2 *bis*. Fonte blanche. Longueur 1^m,18, diamètre 0^m,008. — Enduit intérieurement seulement, et sur la moitié de sa longueur, avec le mortier n° 3. Immergé le 5 juin 1834 dans la citerne, l'enduit tourné du côté opposé au courant (c'est-à-dire en aval). Examiné le 22 mai 1835, il offre : 1° extérieurement beaucoup de tubercules dans les parties en contact avec le sol de la citerne, un peu moins en dessus et moins encore sur les côtés; 2° intérieurement, la partie enduite est sans altération aucune. La partie nue offre des tubercules clair-semés.

Examiné le 15 mai 1836, le même tuyau offre : 1° extérieurement, beaucoup de tubercules très-gros et assez durs qui couvrent la moitié de la surface; 2° intérieurement, sur la partie enduite, quelques taches grises sans autre apparence, et d'ailleurs conservation parfaite. Sur la partie nue,

tubercules partout et particulièrement dans la partie supérieure.

Il résulte de cette observation que l'enduit n. 3 a défendu la fonte non-seulement des tubercules, mais aussi de la simple oxidation rouge.

Tuyau n° 7. Manchon court comme n° 1 *bis*. — Enduit intérieurement avec la composition n° 3, mais sur la moitié du pourtour seulement. Immergé dans la citerne, la fonte nue en dessous, le 5 juin 1834. Examiné le 22 mai 1835, il offre : 1° extérieurement des tubercules, particulièrement à l'aval et au-dessus; 2° intérieurement, sur la partie enduite, aucune altération; sur la partie nue, quantité de tubercules.

Examiné le 15 mai 1836, le même manchon offre : 1° extérieurement quantité de tubercules contigus sur une portion du dessus; les côtés et le dessous peu endommagés. 2° Intérieurement, sur la partie enduite, conservation parfaite. La partie nue couverte de tubercules qui se crèvent facilement. L'enduit a de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Il résulte de cette observation que sur une épaisseur de 2 à 3 millimètres, l'enduit n° 3 empêche les taches, l'oxidation et les tubercules.

Tuyau n° 8. Manchon préparé et enduit comme le n° 7. — Immergé dans la citerne le 5 juin 1834, la fonte nue en dessous. Se présente 1° extérieurement tout couvert de tubercules gros et petits, ayant jusqu'à 8 millimètres d'épaisseur; 2° intérieurement, sans altération sur la partie enduite, tapissé d'une croûte de tubercules d'épaisseur variable sur la partie nue.

Examiné le 15 mai 1836, le même manchon 1° est couvert extérieurement de tubercules; 2° in-

térieurement, parfaitement intact sur la partie enduite. Sali aux limites de l'enduit par l'oxide descendu de la partie supérieure, laquelle est totalement couverte de tubercules ayant jusqu'à 8 millimètres d'épaisseur.

Epaisseur de l'enduit 2 à 3 millimètres.

On tire de cette expérience la même conclusion qu'au n° 7.

Tuyau n° 9.—Manchon enduit intérieurement, sur la totalité de sa surface, avec le mortier n° 3. Immergé dans la citerne le 5 juin 1834. Examiné le 22 mai 1835, se présente 1° extérieurement tout tapissé de tubercules de 1 à 5 millimètres d'épaisseur; 2° intérieurement, sans altération aucune. Examiné le 15 mai 1836, le même manchon 1° est couvert extérieurement de gros tubercules contigus; 2° est parfaitement intact à l'intérieur, sauf un point où l'enduit est traversé par une aspérité de fonte.

Epaisseur de l'enduit 2 à 3 millimètres.

On tire de cette expérience la même conclusion que pour les n°s 7 et 8.

Tuyau n° 17. Morceau de tuyau cassé. Fonte blanche. Longueur 1^m,33; diamètre 0^m,08. — Enduit extérieurement en entier, et sur la moitié de sa longueur intérieurement, avec une bouillie d'argile. L'enduit s'est fendillé en séchant; il s'en est même détaché des parcelles. En cet état le tuyau a été placé dans la citerne le 5 juin 1834. Examiné le 22 mai 1835, il a offert : 1° extérieurement beaucoup de tubercules isolés ayant jusqu'à 6 millim. d'épaisseur; 2° intérieurement, des tubercules plus petits et en moins grand nombre sur la partie enduite et sur la partie nue.

Examiné de nouveau le 15 mai 1836, le même tuyau a offert sur tous les points des tubercules très-nombreux, plus gros et plus durs qu'antérieurement. Toute l'argile a disparu.

Il résulte de cette expérience que l'argile seule ne tenant pas, ne saurait remplir les fonctions d'un enduit.

On avait placé dans la citerne, indépendamment des tuyaux de fonte, quelques tuyaux en poterie qu'on a retrouvés parfaitement intacts.

Observations générales et conclusions.

En comparant les tubercules des diverses fontes employées, on a remarqué que les plus gros et les moins consistants se montrent de préférence sur les fontes grises, qu'ils acquièrent un moindre volume et sont moins friables sur les fontes truitées blanches, et qu'enfin, à quelques exceptions près, les plus petits et les plus durs appartiennent aux fontes blanches, aigres et cassantes.

En comparant les enduits sous le rapport de la tenacité et de l'efficacité, on trouve qu'ils se rangent dans l'ordre suivant :

1° Sable et chaux hydraulique;
2° Cendres de bois et chaux hydraulique;
3° Fromage mou et chaux hydraulique;
4° Argile crue et chaux hydraulique;
5° Colle forte et chaux hydraulique.

Ainsi le mortier hydraulique, enduit le plus simple et le plus économique, se trouve heureusement aussi le plus efficace et le plus tenace.

L'expérience des manchons courts n°s 7, 8 et 9, sur lesquels le mortier a pu être appliqué avec beaucoup de soin, prouve que toutes les fois qu'il

sera possible d'en couvrir exactement la fonte, sur une épaisseur de 2 à 3 millimètres seulement, on n'aura aucune trace d'oxidation à redouter.

L'exemple des tuyaux longs nos 2 *bis* et 3, dans l'intérieur desquels on s'est contenté de passer une seule couche d'épaisseur inégale à l'aide d'un écouvillon, prouve d'un autre côté que lorsque le mortier ne couvre pas suffisamment, l'oxidation peut se manifester par des taches plus ou moins étendues, mais sans production de tubercules.

Le problème paraît donc résolu en ce qui touche la composition de l'enduit; il restera à perfectionner les moyens de l'appliquer bien également et uniformément sur une épaisseur dont le minimum paraît devoir être fixé à 2 $\frac{1}{2}$ millimètres.

En attendant, on indiquera l'emploi de l'écouvillon comme le procédé qui a le mieux réussi dans les essais précédents.

Les dimensions de la brosse doivent être proportionnées aux diamètres des tuyaux. On balaie, on lave ceux-ci à l'intérieur, puis on introduit par l'un des bouts assez de mortier pour fermer exactement l'entrée, sur une étendue qui dépend de la longueur du tuyau. On pousse à travers ce mortier le manche de l'écouvillon, jusqu'à ce qu'il sorte par l'extrémité opposée où on le saisit. On le tire alors lentement, et la brosse ramène devant elle la masse du mortier, dont une partie reste collée aux parois de la fonte. L'épaisseur de la couche dépend des diamètres relatifs du tuyau et de l'écouvillon, ainsi que de la flexibilité du poil. On recommence l'opération une seconde, une troisième fois, etc., si l'on n'est pas satisfait de la première. Il convient en outre de passer une dernière couche en mortier plus gras, plus fin et

plus liquide, pour remplir les interstices et couvrir les défauts de la couche précédente; mais il faut attendre pour cela que celle-ci ait pris de la consistance : c'est l'affaire de trois à quatre jours.

Essai d'une conduite en poterie enveloppée dans un massif de mortier hydraulique.

On a creusé dans le sol du jardin de la ville une tranchée de 20 mètres de longueur sur $1^m,55$ de largeur et $1^m,25$ de profondeur. Dans cette tranchée on a fait un encaissement rectangulaire de $1^m,15$ de section carrée. Puis on a composé un gros mortier avec 2 parties de chaux hydraulique de la porte de France, éteinte par immersion, tamisée et mesurée en poudre, et 3 parties de sable bien propre, mêlé de graviers. Cela fait, on a procédé à la construction de la conduite de deux manières. Premièrement, par couches horizontales successives bien battues, et de telle sorte que chacune d'elles fût déjà ferme quand on passait à la couche suivante. Secondement, d'une manière continue, en employant le mortier au fur et à mesure de la fabrication, sans autre soin que celui de l'étendre et de le régaler. Dans le premier cas, il fallait laisser prendre au mortier, avant de l'employer, une forte consistance ou une demi-dessiccation. Le battage lui rendait sa souplesse et donnait à sa masse une grande compacité; mais cet avantage était balancé par la difficulté d'une égale liaison en tous sens, à cause des reprises. Dans le second cas, il y avait certitude d'arriver à cette égale liaison, mais non au même degré de compacité. Les dimensions de la conduite étaient ainsi qu'il suit : Section carrée du massif, $1^m,15$

sur $1^m,15$. Vide circulaire au centre, $0^m,41$ de diamètre. Poterie, épaisseur $0^m,0015$, longueur 0,5, diamètre intérieur 0,41.

Les tuyaux en poterie étaient juxtà-posés bout à bout sans emboîtement.

L'aqueduc ainsi construit est resté enfoui sous terre fraîche depuis le mois de septembre 1834 jusque vers la fin de mai 1836, époque de l'expérience dont on va rendre compte.

On a commencé par le dégager du remblai en mettant à découvert ses faces latérales et le dessus; on l'a rempli d'eau et laissé en cet état pendant 3 jours, pour donner le temps au mortier de s'imbiber, en admettant la possibilité de cette imbibition. Aucune perte, aucun suintement ne s'est manifesté dans cet intervalle de temps. Le quatrième jour un tuyau de plomb, d'environ 3 centimètres de diamètre et de $17^m,15$ de hauteur verticale, fixé contre la muraille d'une maison voisine, a été ajusté par sa partie inférieure sur un orifice pratiqué à cet effet à l'une des extrémités de l'aqueduc, pendant qu'un robinet adapté à l'autre extrémité servait à l'évacuation de l'air. Le tuyau de plomb, portant cuvette dans le haut, a été rempli une première fois, et a donné lieu à quelques pertes latérales sous forme de filets suintants. Quelques heures après on est revenu à la charge, et le massif s'est immédiatement ouvert vers les suintements, suivant un plan horizontal, passant à très-peu près par l'axe du canal.

Il restait à bien apprécier la cause de cette rupture. Pour y parvenir, on a enlevé une tranche du massif dans l'étendue de la partie disjointe, et on a pu s'assurer immédiatement que la disjonction s'est faite sur un lit de reprise bien caracté-

risé par les empreintes de la dame employée à la massivation de la couche.

D'un autre côté, on s'est rendu compte de la résistance qu'aurait opposée le massif, s'il eût été coulé d'un seul jet, en mesurant directement la cohésion propre du mortier qui s'est trouvée de $2^k,3$ par centimètre superficiel.

Ce chiffre, comparé aux dimensions de l'aqueduc assimilé à un tuyau, a donné 36 mètres pour la hauteur de la colonne d'eau capable de faire équilibre (1).

Ainsi le calcul, d'accord avec l'événement, a montré que sous la charge effective de $17^m,15$, la rupture était impossible ailleurs que sur une reprise mal liée.

Cette expérience apprend que pour construire sur place et avec succès un aqueduc ou tuyau en mortier hydraulique, il ne faut pas du tout compter sur l'adhérence des reprises, soit horizontales, soit inclinées en biseau. La prudence exige que le massif soit conduit par parties complètes, raccordées bout à bout suivant des joints verticaux, et jetées chacune d'un seul coup sans interruption.

En ce qui touche la spécialité de l'expérience, on voit que même avec ses défauts l'aqueduc eût résisté à la pression *maxima* de $8^m,40$, à laquelle la conduite actuelle du château d'eau est soumise

(1) L'épaisseur du tuyau était de 37 centimètres, son diamètre de 0,41. La cohésion du mortier 2 kil. en nombres ronds. Sa résistance, sur une tranche d'un centim. d'épaisseur, sera égale à $2 \times 37 \times 2$ kil., ou 148 kil.; donc la pression hydraulique équilibrante est de $\frac{148}{41}$k., ou de $3^k,60$ par centimètre carré compté sur le diamètre; ce qui répond à une colonne d'eau de 36 mètres de hauteur.

dans les points les plus bas de son trajet; mais le moindre coup de bélier eût pu donner lieu à un accident.

Permanence actuelle du débit des fontaines de Grenoble.

Pendant que nous nous occupions de ces expériences, et que la commission en attendait les résultats avec une vive anxiété, les excroissances tuberculeuses, par une de ces causes qui échappent à toutes les prévisions (1), atteignaient la limite de leur développement. Divers jaugeages très exacts, et notamment celui du mois de mai 1836, ne laissent aucun doute sur ce fait.

On peut donc affirmer qu'en ce moment les tubercules sont stationnaires. En sera-t-il toujours ainsi? Une marche rétrograde est-elle possible? L'avenir pourra répondre à ces questions. Elles seront infailliblement résolues par la précision du mode de jaugeage dû à M. Vicat, précision qui descend jusqu'aux dix millièmes.

(1) Il est juste de dire que l'un des membres de la commission, M. le docteur Breton, avait antérieurement plus d'une fois énoncé sa conviction, qu'il viendrait un temps où les tubercules ne feraient plus de progrès.

EXTRAITS

D'articles relatifs à l'exploitation des mines.

Confection des CABLES EN FIL DE FER TRESSÉ; par M. Albert, conseiller supérieur des mines du Hanovre, à Clausthal. (Archiv. de Karsten, vol. VIII, 2ᵉ partie.)

Matériaux. — Le fil de fer est de ceux qui sont désignés par le n° 12 à la Königshütte du Hartz. Son diamètre est de 0,144 pouces (mesure de Calemberg), et 10 pieds courants de ce fil pèsent 13,91 loth (poids de Cologne); le pied de Calemberg=0^m,293, et 110 livres (poids de Cologne)= 51^k,60. D'après cela, le fil aurait un diamètre de 0^m,003516 et le mètre courant pèserait 4,74744 loth (poids de Cologne), ou 69^{gr},59. Il est tiré sur un banc de tréfilerie, en parties de 60 à 130 pieds de longueur. Afin de faciliter la mise en œuvre du fil, dans la fabrication des câbles droits, et prévenir l'affaiblissement résultant d'un tirage violent, pour redresser les fils, ceux-ci, après la dernière chauffe, sont enroulés sur une bobine de 12 pieds de diamètre, et ce sont ces paquets de fil circulaire qui sont employés à la fabrication des câbles. Leur prix est actuellement de 9 thaler 10 gros courant par quintal de 110 livres (poids de Cologne), ou 71 fr. 16 c. les 100 kilogrammes.

Outils. — Les outils nécessaires à la fabrication sont :

1° Un gros étau, pesant environ 70 livres, fixé à la hauteur ordinaire sur un bloc ;

2° Un petit étau à main, pesant environ 6 livres ;

3° Une clé à tourner (drehschlüssel) en fer (*Pl. IX, fig.* 10), d'une seule pièce, ayant au milieu $\frac{3}{8}$ de pouce d'épaisseur, avec des poignées rondes aux deux extrémités, longue en tout de 15 pouces. Au centre est une partie plane, circulaire, percée de 5 trous, dont le diamètre est d'environ $\frac{3}{10}$ de pouce. Un des trous occupe le centre ; les quatre autres, rapprochés de la circonférence, sont équidistants, et séparés l'un de l'autre par un intervalle de 1 pouce $\frac{1}{4}$ environ. Le trou central est réuni aux 4 trous de la circonférence par 4 entailles de $\frac{1}{5}$ de pouce de large. Ces communications entre le trou du centre et ceux de la circonférence peuvent être interceptées par deux chevilles en fer, plantées dans des trous forés parallèlement au diamètre du cercle perpendiculaire à l'axe commun des deux poignées. Ces chevilles sont maintenues par leur force de ressort, quand elles ont été enfoncées avec force, ou par des écrous. Les arêtes des trous doivent être arrondies sur les deux faces de la clé.

Quand on veut hâter le travail, on doit avoir 3 clés semblables ;

4° Une clé à tourner de même forme que la précédente, avec cette différence que son disque n'est percé que de trois ouvertures, ayant chacune $\frac{1}{7}$ pouce de large, et isolées les unes des autres (*fig.* 11) ;

5° A peu près 80 planchettes carrées de 6 pou-

percées de 4
s d'un carré,
g. 12);
semblables, éga-
e 3 trous ronds de
sés aux trois angles
fig. 13);
$\frac{1}{4}$ de pouce d'épaisseur,
eur, 11 pouces de largeur
ndeur, pesant environ 60
être également en tôle;
es, pour rendre pointues les
ls, des pinces pour saisir, tordre
ls de fer. On s'en sert pour entou-
parties du câble d'un fil de fer fin.
n *des câbles*. — Il faut avoir un es-
rt de 130 pieds de longueur au moins.
e fer déroulés sont posés en ligne droite
les uns des autres, et leurs extrémités
ies à la lime. Quatre de ces fils sont passés
vers 30 à 40 planches percées de 4 trous, et
travers la clé à tourner n° 3, puis saisis par
urs extrémités amincies entre les mâchoires du gros étau, fixé à l'une des extrémités du bâtiment. Les planches sont distribuées sur toute la longueur, à une distance de 3 à 4 pieds environ les unes des autres, afin que les fils ne puissent pas se toucher. Sur toute la longueur, on place des ouvriers, éloignés de 6 à 10 pieds l'un de l'autre, lesquels tiennent les fils dans leurs mains, et les font tourner constamment à mesure que le travail avance. Pour la longueur de 130 pieds, il faut 10 ouvriers, qui peuvent être des enfants.

A l'extrémité du bâtiment opposée à celle où est fixé le gros étau, on place un ouvrier de con-

fiance, chargé de tenir constamment écartés les uns des autres les fils à leur extrémité.

Il y a deux hommes à l'étau. L'un tourne la clé en fer, et à chaque tour il avance de 6 pouces, en s'éloignant de l'étau fixe. Le second ouvrier, qui porte le petit étau à main, serre entre les mâchoires de celui-ci la portion de câble déjà faite, et l'empêche de se tordre davantage. Il avance son étau à main de 2 pieds à chaque fois. A mesure que le tourneur s'éloigne de l'étau fixe, les planches sont poussées plus loin, et les ouvriers, devenus inutiles, vont à d'autres travaux. Toutes les fois que la clé fait un tour entier, les fils doivent être tournés d'une circonférence entière dans toute la longueur de l'atelier. En tournant ainsi ils ne subissent aucune torsion, celle-ci n'ayant lieu qu'en arrière de la clé. Quand le tourneur est arrivé à la fin, et a ainsi achevé un *toron* de 4 fils sur toute la longueur, ce toron est posé par terre.

Pendant ce temps, les ouvriers devenus inutiles ont commencé un second toron, avec une seconde clé n° 3.

On fabrique le second et le troisième torons de la même manière que le premier. Tous sont formés de quatre fils. L'un des trois doit être beaucoup plus long que les deux autres, et c'est ordinairement au dernier que l'on donne ainsi une plus grande longueur.

On réunit ensuite ces trois torons pour en former un câble.

A cet effet, les extrémités de chaque toron sont passées dans les 90 planches percées de 3 trous n° 6. La seconde clé à 3 trous est placée après les plan-

ches, puis les 3 torons sont saisis à leur extrémité par les mâchoires du gros étau.

La torsion s'opère par les mêmes ouvriers et de la même manière que pour les fils qui composent chaque toron, avec la seule différence que, dès que l'on a tordu 2 pieds de longueur de câble, on ouvre les mâchoires du grand étau pour faire glisser en reculant la partie du câble déjà terminée. Pendant cette manœuvre, tous les ouvriers se rapprochent de l'étau. Ensuite, la portion du câble terminée est enroulée à mesure sur un anneau qui a au moins 9 pieds de diamètre.

Dès que l'on a ainsi confectionné avec les 3 torons un câble composé de 12 fils, on procède au prolongement des torons.

Après plusieurs essais, je me suis déterminé à ne faire dépendre que du frottement seul la liaison des fils au câble.

A cet effet, dès qu'un des fils approche de sa fin, un nouveau fil est passé dans les mêmes trous des planches, à côté du premier, de telle sorte que les bouts de ces deux fils se dépassent mutuellement sur une longueur de 40 pouces. Quand le tourneur arrive en confectionnant le toron vers l'origine du nouveau fil, il place celui-ci dans le trou central de la clé, et il engage sa pointe au milieu des quatre fils tordus dont se compose le toron. Il entoure ensuite en ce point le toron avec un fil de fer mince, qui fait quelques révolutions entières autour de lui, ce qui maintient en place l'extrémité du nouveau fil, et sert surtout à reconnaître ensuite la place où un des fils nouveaux a son origine; car, dans la confection du câble entier, on cherchera autant que possible à placer le point dans l'intérieur. Cela fait, le tour-

neur avance comme à l'ordinaire de 20 pouces au delà de l'extrémité du nouveau fil, de telle sorte que celui-ci reste toujours dans l'axe. Là, il ôte celle des deux chevilles qui sépare le trou central du trou de la circonférence où est passé l'ancien fil, qui est près de finir. Il amène celui-ci dans le trou central, et il pousse au contraire vers la circonférence le fil nouveau, après quoi il replace la cheville. En continuant ensuite à tourner, l'ancien fil se trouve aussi engagé par son extrémité sur une longueur de 20 pouces dans l'axe du toron, qui est encore entouré de quelques circonvolutions de fil mince au point où finit le fil ancien.

La solidité de ce mode de liaison tient à ce que chaque fil isolé du câble entier ne reste à la surface que sur une longueur de 6 à 9 pouces environ, et rentre ensuite dans l'intérieur, où il serait retenu par le frottement et la tension du câble, quand même il viendrait à se rompre à la surface.

En marquant avec un fil mince la place où finissent et commencent les fils, on peut répartir ces points à des distances égales dans le câble, ce qui peut arriver naturellement par suite de la longueur inégale des fils, ou bien on y pourvoira en en coupant quelques-uns avec la tenaille. On doit éviter, dans la confection du câble, d'avoir vis-à-vis l'une de l'autre des extrémités de fil sur les 3 torons. Il ne faut jamais en avoir plus de deux.

Par le procédé qui vient d'être décrit, on peut faire le câble aussi long que l'on veut.

Si la corderie a une longueur de 130 à 140 pieds, il faudra 13 ouvriers, qui ne demeureront

jamais inoccupés si ce travail est bien distribué. Parmi eux, cinq ou six doivent être des hommes travaillant avec réflexion ; les autres peuvent être des invalides ou des enfants. Tout compris, les 13 ouvriers feront dans une heure 7 lachter, ou environ 50 pieds de câble.

Enduit du câble. — Le câble confectionné doit être recouvert d'un enduit gras tenace, et qui demeure flexible après le refroidissement. On peut employer pour cela le dépôt que l'on obtient en préparant les graisses pour les machines, de l'oing endurci, etc.; à défaut de semblables résidus, on pourra composer un oing avec $\frac{1}{3}$ d'huile et $\frac{2}{3}$ de colophonium ou de résine.

Le vase en fonte n° 7 est rempli de cet enduit; on entretient au-dessous un feu de charbon pour fondre l'oing, dans lequel on fait circuler le câble lentement, de manière qu'il s'échauffe dans la masse fondue, et que celle-ci puisse remplir tous les vides, en expulsant l'air atmosphérique. Dans une heure et demie huit hommes peuvent enduire ainsi 100 lachter, environ 700 pieds de câble, ce qui consommera de 40 à 50 livres d'oing.

Anneau qui termine la corde ou *poignée d'attache.* — Parmi les différents moyens de lier la corde à la chaîne en fer à laquelle la tonne est suspendue, je me suis arrêté au suivant (*fig.* 14). L'extrémité du câble confectionné est chauffée jusqu'au rouge sombre sur une longueur de 8 p. seulement, et pliée ensuite autour d'une pièce en fer recourbée en forme de fer à cheval, avec une gorge de poulie sur le contour extérieur. Après cela un anneau en fer forgé, large d'un pouce, qui a été passé d'avance le long du câble, est descendu de manière à embrasser à la fois la partie droite du câble et la

partie recourbée jusqu'au fer à cheval contre quel on pousse l'anneau avec force. Puis on courbe isolément autour de l'anneau chacun 12 fils, que l'on bat à froid sur le contour ext rieur de cet anneau. Tout cet assemblage est e suite entouré avec du fil de fer ou de bonne cor d'un petit diamètre, ou même on coule du plom dessus, lorsqu'on veut le garantir complètemen Dans le fer à cheval, on passe avan' l'opération anneau fermé, ou bien après l'opération un a neau ouvert, que l'on soude après coup. La part du câble que l'on porte au rouge ne doit pas s' tendre au-dessus du point où s'étend l'anneau d fermeture.

Poids. — D'après un grand nombre d'essais, l poids d'un câble pareil est, sans enduit, sur un longueur de 100 lachter (700 pieds) de 3 $\frac{1}{4}$ quin taux de 110 livres poids de Cologne. Chaque lach ter pèse en conséquence de 3 à 4 livres; 208^m,1 pèsent $167^k,70$, et le mètre courant pèse en con séquence $0^k,806$ sans enduit. Comme l'enduit pès 50 livres par 100 lachter, ou $0^k,11$ par mètre cou rant, on voit qu'avec l'enduit le poids d'un mètr sera de $0_k,916$.

Frais. — Les frais de confection d'un câble de 560 lachter de longueur se sont élevés, y compri l'enduit, les anneaux de fermeture, etc., à 220 thaler.

Savoir :

Fil de fer	171 thaler.
Salaire des ouvriers employés à la confection.	43
Graisse	6
	220 thaler

9 gros 5 pfennings par lachter. Pour plus de reté je compte 12 gros.

Ce serait $0^f,787$ par mètre courant, si on admet gros 5 pfennings, et $0^f,933$ en admettant 12 gros.

Résistance à la rupture. — Chaque fil isolé orte 10 quintaux, d'après les épreuves que j'ai ites, les 12 fils portent en conséquence 120 quintaux.

(Chaque fil porte environ 516 kilogrammes, ce ui donne pour la résistance par millimètre carré 3 kilogrammes.)

Le poids de deux tonnes de minerais qui sont xtraites à la fois est d'environ 10 quintaux.

Tambour. — Il est nécessaire que la courbure e la corde sur le tambour ne dépasse pas les limites de son élasticité. C'est pourquoi on ne peut la loyer sur des tambours d'un diamètre inférieur 9 pieds ($2^m,64$).

Les poulies placées sur les puits du Hartz ont 2 pieds de diamètre. Le poids, très-petit d'un âble de cette espèce, permet d'augmenter considérablement le diamètre du tambour sur lequel elle s'enveloppe, et de faire marcher ainsi la roue lu baritel à eau plus lentement, ce qui a pour résultat une économie de force motrice. En donnant à chaque tambour une largeur de 3 à 4 pieds, on peut y envelopper plus de 200 lachter courants de câble, sans qu'il s'enveloppe sur lui-même.

Durée et avantages économiques. — Nous ne pouvons apprécier la durée et les avantages de ces câbles comparativement à ceux de fer ou de chanvre autrefois employés, parce qu'aucun de ceux qui sont employés n'a été encore usé. Le puits Caroline, qui consommait annuellement 430 lachters courants de câbles en chanvre, sur les

520 lachter nécessaires à son roulement, est servi depuis 34 semaines par des câbles en fil de fer qui sont encore entièrement bons. L'usure des câbles de chanvre constituait pour ce puits une dépense annuelle de 860 thaler. L'économie déjà obtenue serait suffisante pour acheter de nouveaux câbles en fil de fer.

Dans ce moment (avril 1835) quatre puits principaux du haut Hartz ont des câbles en fil de fer. Dans quelques semaines, deux autres puits en auront de semblables, et leur usage se répandra, autant que le permettront les égards que l'on doit avoir pour les anciens fabricants de câbles en chanvre ou en fer. Ce point est ici d'une grande importance : car l'exploitation du haut Harz demandait jusqu'à 5.500 lachter courants de câbles en chanvre annuellement, et il y a encore plus de 12.000 lachter de câbles en chanvre ou en fer qui sont placés sur les différents puits de mine. (Voir, pour la forme des appareils, les *fig.* 10 à 14 de la *Pl. IX.*)

C. C.

Description du CREUSEMENT D'UNE GALERIE *dans un terrain sans consistance, à la mine d'alun de Freienwald, au moyen d'un appareil en fer* (Archiv. de Karsten, vol. 9, deuxième partie).

La fabrique d'alun de Freienwald emploie une pyrite de fer disséminée en particules invisibles à l'œil dans la matière exploitée. Cette matière est un mélange très-intime d'argile et de lignite, qui forme à Freienwald une couche passablement irrégulière, dont le mur et le toit sont un sable sans cohésion. Une galerie, servant à la fois à l'écoulement des eaux et au transport souterrain (dite Gerhard Strecke), suit presque exactement la direction de la couche: mais comme sa hauteur excède la puissance du gîte, et que celui-ci a d'ailleurs une inclinaison très-irrégulière, cette galerie entre tantôt dans le mur, tantôt dans le toit. Son creusement fut accompagné de beaucoup de difficultés, provenant de l'état de désaggrégation du sable; elles ont été surmontées avec beaucoup de succès, par M. Schmidt, Bergmeister, à Rüdersdorf, en employant, pour soutenir provisoirement ce terrain, avant l'exécution du muraillement, des arcs et des palplanches en fer, au lieu des cadres et palplanches en bois ordinairement employés dans ces sortes de travaux.

La galerie doit avoir dans œuvre, lorsque le muraillement est exécuté, 6 pieds de haut, 5 pieds ½ de large. Les parois latérales sont verticales, et supportent une voûte demi-circulaire. Le sol est assez résistant tant qu'il est sur le sable et qu'il n'y a pas une forte affluence d'eaux. Mais comme il fallait se mettre à l'abri des mouvements qu'au-

raient pu occasionner des eaux abondantes, et que d'ailleurs le sol de la galerie se trouve sur certains points dans le lignite, il était nécessaire de construire au sol une voûte renversée pour supporter les murs latéraux. La pression n'étant pas très-forte, le revêtement n'a qu'une épaisseur de 10 pouces égale à la longueur d'une brique : il est exécuté en briques bien cuites jointes par un mortier ordinaire bien fait. L'appareil en fer soutient les terres sur une longueur d'un lachter (6 pieds 8 pouces) en avant du muraillement, ce qui suffit pour les deux ouvriers qui travaillent alternativement à excaver le terrain et à faire suivre le muraillement. Il consiste en trois arcs en fer (*Pl. IX*, *fig.* 1) capables de soutenir le revêtement de la galerie. Ces arcs ont 6 pieds 10 pouces de hauteur, 7 pieds 2 pouces de large, et sont formés de 3 parties, savoir, la pièce du sol et les deux arcs latéraux qui se joignent avec recouvrement au sommet de l'arc supérieur, et sont solidement réunis par deux boulons à vis. Le fer a 3 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur sur 1 pouce de largeur ; à la partie extérieure, les arcs ont 1 pouce $\frac{1}{2}$ de large. Au bas de chaque demi-arc, un tenon d'un demi-pouce de long et d'un pouce de côté entre dans des trous pratiqués dans la pièce du sol, épaisse de $\frac{1}{2}$ pouce et large de 3 pouces. A une distance de 2 pieds du tenon inférieur, chaque demi-arc est percé d'un trou, dans lequel passe un boulon en fer de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre, destiné à relier entre eux les trois arcs en fer, placés à distances égales le long de la galerie. Les pièces en fer du sol reposent sur des pièces de bois de 4 à 5 pouces d'équarrissage, qui sont divisées au milieu, afin qu'on puisse les déplacer plus facilement. Les trois arcs que nous

venons de décrire sont à 20 pouces les uns des autres. Ils sont garnis sur le contour extérieur de 40 planches (abtreibepfähle) en fer forgé, dont chacune a 7 pieds de long, 4 pouces de large, et de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ de pouce d'épaisseur. Ces planches sont tranchantes à leur extrémité antérieure, et percées de deux trous près de cette même extrémité, et de 7 trous près de l'extrémité postérieure. Ces trous ayant un pouce de diamètre, et distants de 3 pouces environ l'un de l'autre, reçoivent les bouts de barres ou leviers en fer dont on se sert pour pousser les planches en avant, en les faisant glisser entre le terrain et les arcs en fer qui les supportent. Les planches les plus épaisses, de demi-pouce, sont placées vers le faîte, et les plus faibles vers le bas. Il serait même convenable de donner une plus forte épaisseur aux planches du faîte, parce qu'elles fléchissent entre les arcs qui les supportent, ce qui rend plus difficile le mouvement en avant.

De cette manière, le faîte et les parois latérales de la galerie sont soutenus par les planches en fer jointives, placées derrière les arcs, sur une longueur de 7 pouces. La face antérieure de l'excavation est d'ailleurs soutenue de la manière suivante : un fort poteau de bois est placé verticalement au milieu de la galerie, dans le plan de l'arc le plus rapproché du front de l'excavation. Ce front est garni de planches placées transversalement, juxtaposées, et maintenues en contact avec le terrain par des traverses de bois légèrement inclinées, qui s'appuient contre le poteau vertical dont nous venons de parler.

Pour avancer le travail, on ôte les planches qui garnissent le front de la galerie près du faîte. On

excave sur une profondeur de 10 à 12 pouces, et on avance les planches en fer d'autant, en les faisant glisser au moyen de leviers en fer plantés dans les trous. On maintient l'écartement nécessaire des extrémités antérieures des planches au moyen de coins (fandkeile) que l'on enfonce comme dans la méthode ordinaire, entre ces planches et le cadre antérieur. On replace les planches au fond de l'entaille que l'on a faite, et l'on passe ensuite à une tranche inférieure. Quand on a ainsi avancé l'excavation de 20 pouces, on enlève l'arc le plus éloigné de l'extrémité de la galerie, et on le replace tout contre le terrain. On réunit de nouveau les trois arcs par les boulons horizontaux, et l'on exécute en arrière, dans l'espace soutenu par les extrémités postérieures des planches en fer, un arceau de 20 pouces de large, qui se lie à la maçonnerie déjà faite. Pour l'exécution du muraillement, on se sert de cintres en fer recouverts par des planches.

Ce mode de creusement n'exige aucun boisage; ce qui constitue un grand avantage sur le mode ordinaire de travail, où presque tout le boisage provisoire demeure perdu derrière le muraillement, et où l'on doit d'ailleurs donner à l'excavation primitive des dimensions beaucoup plus grandes, à cause des fortes dimensions des bois employés.

L'appareil entier, composé de 4 arcs en fer dont un de réserve, et de 45 planches (abtreibepfähle), pèse 23 quintaux 80 livres.

Explication des fig. 1 *à* 9 *de la Pl.* IX.

Fig. 1. Un cadre en fer, vu de face.

Fig. 2. Section du cadre suivant *ab* (*fig.* 1).

Fig. 3. Le cadre en fer vu d'en haut.

Fig. 4. Projection horizontale de la sole en fer.

Fig. 5. Section longitudinale de la pièce précédente.

Fig. 6. Un des boulons qui servent à relier les cadres en fer, vu d'en haut.

Fig. 7. Une planche de garnissage en fer (abtreibe pfahl) vue de face.

Fig. 8. Section de la même planche par un plan perpendiculaire au plan de la *fig.* 7.

Fig. 9. Profil de la galerie en creusement où se trouve placé l'appareil en fer.

C. C.

Description d'un APPAREIL *destiné à mettre le feu à la poudre des trous de mines, inventé par William Bickford, pelletier de Tuking-Mill, dans le comté de Cornwall, et pour lequel un brevet d'invention a été accordé le 6 septembre* 1831. (Extrait du London journal and repertory, etc... déc. 1835.)

L'appareil inventé pour communiquer le feu à la poudre des trous de mines consiste en une corde de lin, chanvre, laine, ou toute autre substance de nature semblable, dans l'intérieur de laquelle est renfermée de la poudre ou toute autre matière combustible. La poudre est fortement pressée, et remplit tout l'intérieur de la corde, de manière à en faire une fusée continue.

La *fig.* 15 de la *Pl. IX* fait connaître le mécanisme qui sert à confectionner la corde renfermant de la poudre ou toute autre matière combustible. Cette figure est une coupe verticale de l'appareil; *a*, *a* sont les fils de lin, de chanvre, de laine, ou de toute autre substance de nature semblable, qui doivent composer la corde; lorsque l'opération marche, ces fils, enroulés sur des dévidoirs placés en dessous, se déroulent et viennent glisser sur des rainures *b*, en bois ou en roseau. Les fils passent ensuite dans des trous *c*, *c*, ménagés dans le cône renversé *d*, et qui convergent à la partie inférieure et la plus étroite du cône. Là ils se réunissent et sont tordus en corde.

Pendant que la torsion s'exécute, la poudre que renferme un entonnoir *ee* soutenu par des piliers, tombe dans le centre de la corde, au point

où tous les fils se réunissent. A mesure que la poudre est absorbée par la corde, elle coule dans l'entonnoir et tombe dans le canal *f*, pratiqué au centre du cône *d*, et aboutissant au point précis de la jonction des fils.

La torsion de la corde s'exécute au moyen d'une roue ou d'un peson qui saisit la corde à son extrémité. On ne conçoit pas bien comment la corde est formée, car il est évident que l'instrument de torsion ne peut agir sur elle au delà de l'angle qu'elle fait en passant sous la poulie *g*.

Pour empêcher les grains de poudre de s'échapper à travers les fils de la corde, on la trempe dans un vernis chaud. Par cette dernière opération on a aussi pour but de garantir la poudre de l'humidité, qui rendrait nuls ses effets.

Lorsqu'on coupe des parties de cette fusée, on doit avoir le soin de lier les extrémités avec un fil fin pour empêcher la poudre de s'échapper.

N. B. Nous avons vu les fusées décrites ci-dessus en usage dans plusieurs mines du Cornwall, lorsque nous les avons visitées en 1833. La poudre qui constitue la charge est renfermée dans un sac de toile goudronnée. On enfonce un peu au milieu de la poudre l'extrémité de la fusée, et on ferme ensuite le sac avec une ficelle que l'on serre fortement autour de la fusée. Cet appareil etait usité, surtout dans les points où l'eau abondait, parce qu'alors beaucoup de coups étaient perdus, faute d'avoir pu garantir la charge de l'humidité. Son usage paraît être devenu beaucoup plus général, depuis cette époque, qu'il ne l'était alors.

Car M. John Taylor a déclaré à la commission d'enquête, nommée en 1835 par la chambre des communes d'Angleterre, pour rechercher les causes des accidents survenus dans les mines de la Grande-Bretagne, qu'il regardait l'usage des fusées décrites dans l'extrait ci-dessus, comme extrêmement utile, en ce qu'il prévenait beaucoup d'accidents auxquels les mineurs sont exposés, quand ils chargent les trous et y mettent le feu à la manière ordinaire; soit parce que le feu se communique par ces fusées avec une certaine lenteur, soit parce qu'elles rendent inutile l'usage de l'épinglette.

C. C.

RECHERCHES

Sur la structure et sur l'origine du mont Etna;

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, ingénieur en chef des mines.

2ᵉ SUITE.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION DU NOYAU DE LA GIBBOSITÉ CENTRALE DE L'ETNA; DISCUSSION DU MODE DE FORMATION QUI PEUT LUI ÊTRE ATTRIBUÉ.

L'étude du manteau des déjections modernes qui recouvre en grande partie le massif de l'Etna, nous a conduit à reconnaître que ces déjections ne forment qu'une très-petite partie de sa gibbosité centrale, et que la discontinuité éminemment caractéristique qui existe entre le profil de cette gibbosité et celui des talus latéraux de la montagne, ne peut être attribuée qu'à la préexistence d'un noyau antérieur aux produits modernes. La question de l'origine du mont Etna se réduit donc à celle de l'origine de ce noyau préexistant. Il s'agit maintenant d'étudier ce grand monument naturel au milieu des produits récents qui l'enveloppent en partie, à peu près comme on recherche l'origine d'une ville moderne dans les ruines d'un vieux château-fort, autour duquel les constructions se sont groupées d'âge en âge.

Dans une ville dont l'origine remonte à une haute antiquité, les édifices anciens et modernes sont ordinairement construits avec des matériaux semblables, et ne se distinguent que par le style de leur architecture, par la coupe et la pose des pierres, tirées toutes successivement à peu près des mêmes carrières. Il en est presque exactement de même du noyau préexistant de l'Etna comparé aux déjections modernes, dont les éruptions de l'époque actuelle l'ont en partie recouvert.

J'ai déjà signalé la difficulté de distinguer ces deux classes de roches, surtout si on n'avait à comparer que des échantillons de collection. En effet, les unes et les autres sont également composées de feldspath labrador, de pyroxène et de péridot, et ne diffèrent que par des nuances dans l'état cristallin ou dans la couleur de ces éléments, et dans la structure des masses. Ainsi, dans les produits anciens, la couleur de la pâte au lieu de tirer sur le noir, est souvent d'un gris clair ou d'une légère teinte brune, et cette pâte est en même temps plus fine, plus homogène et plus compacte. L'aspect des cristaux empâtés de labrador et d. pyroxène présente aussi quelques différences.

Les nuances qui distinguent ces deux classes de produits, sont donc en réalité très-faibles; mais quelque légères qu'elles puissent paraître, elles impriment cependant aux masses, surtout lorsqu'on les observe en grand et dans leur ensemble, des caractères très-marqués, qui n'ont pu échapper à aucun observateur attentif, et depuis long-temps le chanoine Recupero et l'abbé Ferrara ont distingué les produits anciens et les produits

modernes, et ont spéculé plus ou moins heureusement sur les causes des différences qui les leur faisaient distinguer.

M. Mario Gemellaro, dans les renseignements qu'il m'a communiqués, avec toute la complaisance qui le caractérise, pour diriger mes courses, m'a parfaitement indiqué que la masse centrale de l'Etna se compose de deux cônes qui s'emboitent l'un dans l'autre, l'un intérieur, formé des produits anciens, l'autre extérieur, formé des produits modernes superposés aux anciens. Il a même ajouté que ces deux cônes n'ont pas le même axe, que le cône formé des produits anciens a son axe un peu à l'Est du cône formé par les produits modernes, d'où il suit que les deux cônes ne s'embrassent pas complétement, que le cône moderne ne recouvre pas complétement le cône ancien, et que les produits anciens se trouvent exposés au jour dans toute la partie orientale de la montagne, c'est-à-dire particulièrement dans les escarpements du Val-del-Bove.

Ces escarpements, dont j'ai déjà indiqué ci-dessus la disposition, se composent de plusieurs centaines d'assises parfaitement régulières, formées alternativement de roches de fusion, qui, ainsi que je viens de le rappeler, ressemblent jusqu'à un certain point aux laves de l'Etna moderne; et de matières fragmentaires ou pulvérulentes, qui forment entre les assises de roches de fusion, d'autres assises plus ou moins solidement agrégées. L'épaisseur de ces diverses assises varie d'un demi-mètre à plusieurs mètres, et peut être évaluée moyennement à un peu moins de deux mètres, de sorte que, dans une hauteur de deux cents

mètres, on en compte ordinairement plus de cent. Les assises de matières fondues sont généralement un peu plus minces que les assises fragmentaires, la plupart ont moins d'un mètre de puissance, cependant il n'y a rien de constant à cet égard, on peut en compter un grand nombre dont la puissance va à deux ou trois mètres.

Les surfaces de ces dernières assises sont rugueuses et comme boursouflées, et leurs parties extérieures sont pénétrées d'un grand nombre de cellules jusqu'à 20 ou 30 centimètres des surfaces supérieure et inférieure de chaque assise. De là il résulte que les assises qui n'ont que 50 à 60 centimètres de puissance, sont celluleuses dans toute leur hauteur, tandis que celles dont l'épaisseur est de plusieurs mètres présentent dans leur milieu des parties tout à fait exemptes de cellules, et d'une texture analogue à celle de certains trachytes, ce qui les a même fait qualifier de trachytes par plusieurs observateurs, qui n'avaient pas remarqué qu'au lieu du feldspath orthose qui est essentiel aux trachytes, on ne trouve ici que du feldspath labrador, et qu'au lieu d'amphibole on ne trouve presque jamais que du pyroxène.

Quant aux assises composées de matières fragmentaires, ce sont de véritables tufs, exactement comparables, quant à leur structure, aux tufs trachytiques du Cantal et du Mont Dore. Les pièces dont ces tufs se composent sont formées des mêmes éléments que les assises de roche de fusion, et sont tantôt scoriacées, et tantôt plus ou moins compactes. La grosseur de ces pièces varie d'une assise à l'autre; tantôt ce sont de véritables cendres, tantôt des lapilli, tantôt des fragments

anguleux dont le diamètre atteint quelquefois 50 centimètres.

Au contact des assises de matières fondues on voit ces tufs s'engrener et se lier avec les aspérités scoriacées de ces dernières, exactement comme on voit dans les escarpements de la Cour, au Mont Dore, les tufs trachytiques s'attacher aux aspérités scoriacées des assises de trachyte solide. La finesse des parties constituantes de quelques-unes de ces assises de tuf va quelquefois jusqu'à une consistance argileuse; il y en a qui paraissent avoir un ciment plus ou moins ferrugineux : leur couleur, généralement grisâtre, se nuance quelquefois de diverses manières : de là la possibilité d'y faire différentes distinctions minéralogiques dans le détail desquelles il ne m'est pas nécessaire d'entrer.

La manière d'être générale de ces assises alternantes m'a constamment rappelé celle des assises de tufs et de trachytes qui constituent les escarpements de la montagne de Peyratre dans le Cantal, et ceux de la Cour, au Mont Dore. Seulement les assises sont ici plus nombreuses, plus minces et plus régulières ; et non-seulement chaque assise prise en masse est régulière et exempte de renflements et d'étranglements, mais chacune d'elles se compose souvent de plusieurs zones parallèles, parfaitement régulières, qui, dans les assises de matières fondues, se distinguent les unes des autres par la quantité variable des cellules, ou par des nuances dans la teinte et le grain de la pâte, circonstances que je n'ai guère vues se reproduire avec autant de régularité que dans les filons que je décrirai ci-après. En général, tout

annonce dans ces assises une matière sortie de la terre dans un état de fluidité parfaite, qui, par suite de cette fluidité, s'est étendue en couches minces, et qui une fois étendue s'est solidifiée sans aucun mouvement, et avec le même calme que les parties qui se sont arrêtées dans les ouvertures des filons.

Mais ce qui frappe surtout au premier aspect des escarpements du Val-del-Bove, c'est de voir que ces assises, dont les allures régulières et continues ne sont jamais dérangées que sur de faibles étendues par le croisement des filons ou d'autres circonstances accidentelles, forment souvent toutes ensemble des ondulations qui rappellent celles des couches sédimentaires dans les hautes chaînes de montagnes, sans que leur parallélisme, ni par conséquent leur épaisseur, en soient jamais altérés.

Lorsqu'on se place sur les bords du petit cratère d'éruption situé à l'extrémité septentrionale du Serre-del-Solfizio, on voit un bel exemple de ce fait dans l'escarpement méridional de la *Schiena dell'Asino*, dont les couches, en s'étendant dans l'escarpement septentrional du *Valle-del-Leone*, s'abaissent légèrement vers l'ouest, tandis que du côté opposé elles se recourbent de manière à plonger toutes ensemble vers le petit cône d'éruption formé en 1811, sous un angle qui finit par atteindre et par dépasser 27°.

La partie de l'escarpement septentrional du Val-del-Bove, nommée *il Poyo*, présente un autre fait du même genre, et on le voit se reproduire encore à la porta de Callana, où les assises peu inclinées du Monte Zoccolaro viennent plonger

toutes ensemble vers la mer sous un angle qui atteint aussi 26 à 27°.

Mais cette absence de toute variation dans les allures générales de l'ensemble des assises dont il s'agit, m'a surtout vivement frappé chaque fois que j'ai eu occasion de promener mes regards sur l'ensemble des escarpements du Val-del-Bove, soit des bords du grand cratère, soit de la crête du Serre-del-Solfizio, soit des différents points de la route que j'ai suivie pendant une journée entière pour descendre du Piano-del-Lago à la *Porta de Callana*, soit enfin des points extérieurs d'où j'ai essayé de dessiner les contours du cirque.

Ainsi du point où j'ai pris le croquis de la *Pl. IV*, au-dessous de Zaffarana, je voyais en face de moi les escarpements du Serre-del-Solfizio, où les assises sont presque horizontales, et sur ma droite ceux du flanc septentrional du Val-del-Bove, où elles plongent en masse de 25 à 30°, et il m'était impossible de saisir entre les ensembles de ces deux masses de couches la plus légère différence. Quelques jours après me trouvant à six heures du matin sur le pont d'Alcantara, j'embrassais dans leur ensemble, comme le figure la *Pl. V*, tous les contours du Val-del-Bove éclairés par les rayons du soleil levant, à travers une atmosphère douée de toute la transparence du matin. Les escarpements de tout le flanc méridional se présentaient à moi de face, et je pouvais avec ma lunette compter, pour ainsi dire, toutes leurs assises. Je les voyais presque horizontales dans la rocca del Solfizio, s'infléchir sur la gauche et me présenter, au-dessous et un peu à gauche de la Montagnuola, des tranches inclinées de 17°. Plus

à gauche encore je les voyais se rapprocher de l'horizontale dans le monte Zoccolaro, et enfin s'infléchir rapidement et prendre une forte inclinaison près de l'échancrure de la Porta de Callana; mais au milieu de toutes ces inflexions, je ne pouvais saisir aucun changement dans leurs allures, et malgré la hauteur des escarpements qui dans ces parties dépasse souvent mille mètres, le parallélisme des assises supérieures et des assises inférieures ne se démentait nulle part. Deux heures plus tard, lorsqu'en suivant la route de Messine je montai vers la *Punta San-Andrea*, et m'y arrêtai quelques instants pour dire un dernier adieu au spectacle imposant de l'Etna, la même disposition se reproduisit encore à mes yeux dans une direction et sous un jour un peu différents, mais toujours avec ce même caractère général d'un défaut complet d'influence de l'inclinaison et des inflexions des assises sur tout le reste de leurs allures; en sorte que le caractère le plus général et le plus concluant de ces nombreuses assises de matières fondues et de matières fragmentaires qui alternent pour former le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna m'a paru consister en ce qu'*elles sont sujettes à s'infléchir toutes ensemble, en passant dans plusieurs directions diverses, d'une position à peu près horizontale à une inclinaison de 25 à 30°, sans que leur structure ni leur épaisseur en soient altérées d'une manière constante.*

Les assises que je viens de décrire ne constituent pas absolument à elles seules les escarpements qui circonscrivent le Val-del-Bove. Elles sont coupées par un nombre immense de filons tantôt perpendiculaires, tantôt plus ou moins obliques par

rapport aux couches, et qui, moins ébouleux que ces dernières, restent quelquefois en saillie en avant des escarpements, comme les restes de pans de murailles gigantesques.

Ces filons sont eux-mêmes composés de roches de fusion analogues à celles qui constituent une partie des couches. J'ai cru seulement remarquer que la pâte de la roche des filons est plus sujette que celle des couches à présenter une teinte sombre et presque noire. Comme les couches, les filons présentent une texture bulleuse près de leurs parois, et une texture compacte dans la partie centrale. Quelquefois on remarque près des parois plusieurs bandes alternatives de parties scoriacées et compactes. Souvent ces filons présentent une division prismatique plus ou moins régulière perpendiculairement à leurs parois. Leur puissance est variable ; un grand nombre n'ont que 2 ou 3 mètres, quelques-uns même seulement 60 centimètres de puissance, un petit nombre sont plus épais. La répartition de ces filons dans les escarpements du Val-del-Bove est assez inégale ; on en voit surtout un grand nombre dans les parties des escarpements les plus rapprochées de la partie aujourd'hui la plus saillante de la gibbosité centrale, particulièrement dans les escarpements du Serre-del-Solfizio, et leur nombre m'a paru augmenter en général, à mesure que l'on considère des parties des escarpements de plus en plus enfoncées en-dessous de la surface du massif des déjections anciennes.

Une partie du Serre-del-Solfizio, qui en est surtout criblée, doit probablement à cette circonstance une solidité plus grande que le reste, et

forme une crête saillante nommée *rocca del Solfizio*.

Une autre partie du Serre-del-Solfizio forme une seconde crête saillante nommée *rocca Giannicola*, qui doit aussi son existence aux filons, mais d'une autre manière. Le pied de la rocca Giannicola est formé par un filon très-puissant de lave ancienne, d'un gris-brunâtre clair, et d'une pâte compacte, analogue à celle des assises les plus épaisses. Ce gros filon, dont la puissance dépasse 50 mètres, est déchiré par un ravin qui le met parfaitement à découvert. On trouve des fragments de lave ancienne enveloppés dans sa pâte, ainsi que des fragments d'un très-beau diorite renfermant de grands cristaux d'amphibole, qui sont les seuls que j'aie trouvés dans tout le massif de l'Etna. Ce gros filon est coupé par des filons de 50 centimètres à 1 ou 2 mètres de puissance d'une lave noire, un peu scoriacée, présentant parallèlement à leurs parois des bandes plus ou moins bulleuses. Ils se divisent en prismes perpendiculairement à leurs parois, et ils se bifurquent quelquefois en deux branches qui se réunissent ensuite en enveloppant de grands lambeaux de la roche encaissante.

L'intersection des filons les uns par les autres est un fait très-fréquent dans les escarpements du Val-del-Bove. Souvent même un filon qui en traverse un autre le rejette ; ce qui prouve qu'ils ne sont pas tous de la même date. Ils rejettent aussi assez souvent les assises qu'ils traversent ; ce qui achève de montrer que ces filons ne sont que des fentes qui ont été remplies de matières fondues.

Quelques-uns s'élèvent depuis le pied des escarpements jusqu'à la partie supérieure ; d'autres

se terminent à telle ou telle hauteur, ou s'articulent et se fondent avec l'une des assises de fusion dont ils forment comme la racine et dont ils indiquent l'origine.

En effet les fentes que ces filons ont remplies ont été suivant toute apparence les orifices successifs par lesquels se sont épanchées les assises de matières fondues.

Les filons ne se dirigent pas entièrement au hasard; mais au milieu des oscillations que présentent leurs directions, on remarque une tendance à courir vers l'E.-N.-E. Cette tendance vers une direction uniforme montre qu'ils ne convergent pas vers un centre commun, comme le font nécessairement aujourd'hui les filons de lave qui, à chaque grande éruption, doivent se former dans les fentes qui déchirent le massif de l'Etna, suivant un ou plusieurs de ses méridiens, ou du moins s'ils convergeaient vers un centre commun, ce centre serait certainement bien en dehors de la gibbosité centrale. Cette circonstance est très-importante; car elle annonce qu'à ces époques anciennes le massif volcanique n'avait pas comme aujourd'hui, dans l'intérieur de l'espace occupé par la gibbosité centrale, un centre fixe et déterminé. Dans tous les volcans permanents qui présentent une cheminée fixe, les fractures qui donnent naissance aux éruptions latérales se font constamment suivant des plans verticaux qui passent à peu près par cette cheminée; le fait que les filons du *Val-del-Bove* ne convergent pas vers un point situé dans l'intérieur du massif, semble donc indiquer qu'à l'époque de leur formation il n'existait pas encore sur l'emplacement de l'Etna

de cheminée permanente. On peut de plus remarquer que la direction et la distribution de ces mêmes filons n'offrent aucune relation directe avec la forme conique, à peu près régulière, que présenterait le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna si tous les vides en étaient remplis, de sorte qu'on ne voit pas pourquoi les matières épanchées par les ouvertures de ces filons se seraient accumulées de manière à produire un pareil cône. Nous sommes ainsi conduits à chercher ailleurs que dans les éruptions dont ces filons ont été les canaux, l'explication de la forme du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna.

Les parois qui circonscrivent le Val-del-Bove présentant presque de toutes parts des escarpements où la roche est *coupée au vif*, il est incontestable que ce vaste cirque doit son existence à l'enlèvement d'une masse énorme de matières qui en occupaient l'emplacement, du moins en grande partie.

Le premier problème à résoudre consisterait à savoir comment cette matière a disparu. Sa disparition ne peut être attribuée à l'action érosive des agents atmosphériques actuels; car le Val-del-Bove ne présente aucun cours d'eau; les eaux de la pluie et de la fonte des neiges s'échappent à travers les couches de cendres et de scories qui entrent dans la composition de la montagne, comme à travers un filtre naturel, sans entraîner au dehors la plus petite quantité de matière insoluble; et par conséquent, dans l'état actuel des choses, le Val-del-Bove ne continue pas à s'approfondir, mais tend bien plutôt au contraire à se combler et à s'effacer par l'éboulement de ses

flancs. Ainsi quelque reculée qu'on puisse supposer l'origine de l'Etna, ce n'est pas à l'action des agents atmosphériques que l'échancrure du Val-del-Bove peut être attribuée : et d'ailleurs quel motif plausible pourrait-on assigner à l'étrange caprice par lequel ces agents n'auraient échancré qu'une seule arête du cône, et précisément *la moins inclinée de toutes ?*

Il serait moins aisé de réfuter la supposition que la matière qui manque dans le Val-del-Bove aurait été entraînée par quelque catastrophe diluvienne; cependant on conçoit difficilement comment un courant diluvien aurait pu avoir assez de prise sur le cône isolé de l'Etna pour y produire une si large entaille; comment il n'en aurait produit qu'une seule; comment il lui aurait donné une forme presque circulaire, et comment il en aurait si peu ébréché les parois.

La disposition cratériforme du Val-del-Bove pourrait donner l'idée de le considérer comme un ancien cratère; mais ses dimensions surpassent tellement celles des plus grands cratères volcaniques actuellement brûlants, qu'une simple ressemblance de forme n'autorise réellement pas la supposition d'un cratère aussi démesuré.

On se trouve donc naturellement conduit à considérer l'évidement du Val-del-Bove comme une indication de quelque grande convulsion à laquelle aurait été soumise la masse de déjections anciennes qui constitue le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna.

La première fois que j'ai aperçu le Val-del-Bove, c'était en accompagnant M. de Buch sur le

bord de l'escarpement du Solfizio. De là, comme je l'ai déjà dit précédemment, nos regards plongeaient dans ce vaste amphithéâtre, et en embrassaient tout le contour. Le premier mot de M. de Buch fut qu'il lui rappelait la vallée de *Taoro*, qui est située dans l'île de Ténériffe, en dehors du grand cirque, dont le pic occupe le centre.

M. de Buch a même consigné son opinion à cet égard dans les lignes suivantes de l'édition française de son ouvrage sur les îles Canaries : « Le Val-del-Bove rappelle d'une manière frappante l'enfoncement du Val de Taoro, au pied » du pic de Ténériffe, et il est très-vraisemblable » qu'il doit son origine à une circonstance analogue, c'est-à-dire à un affaissement du flanc » du volcan ; mais, quoique de grandeur considérable, cet affaissement ne change que très-légèrement le contour général et la forme régulière du volcan (1). »

L'application de cette idée d'enfoncement au Val-del-Bove, suggérée ainsi à l'improviste à M. de Buch par le premier aspect des localités, s'était déjà présentée à M. Buckland et à M. Lyell, qui avant nous avaient visité le Val-del-Bove, et qui peut-être avaient été les premiers à appeler sur ce magnifique amphithéâtre tout le degré d'attention qu'il mérite. Cette opinion est aussi, je crois, celle de M. Carlo Gemellaro.

M. Lyell a même rappelé à cette occasion que

(1) *Description physique des îles Canaries*, suivie d'une indication des principaux volcans du globe ; par M. Léopold de Buch ; traduit de l'allemand par M. Boulanger. Paris, F.-G. Levrault, 1836.

des effondrements de ce genre ne sont pas sans exemple dans l'histoire des volcans, et il a rapproché celui auquel il attribue l'origine du Val-del-Bove de l'écroulement du volcan de Papandayan dans l'île de Java, qui, en 1772, s'abîma avec 40 villages bâtis sur ses flancs, et fut remplacé par un lac de plusieurs milles de diamètre, et par conséquent d'une grandeur comparable à celle du Val-del-Bove. En 1638, le volcan du pic dans les Moluques, qui était visible d'une distance de 30 milles, s'était aussi éboulé, et avait été remplacé par un lac. On peut ajouter à ces deux exemples celui du Carguairazo, qui rivalisait de hauteur avec le Chimborazo, dont il était voisin, et qui s'écroula le 19 juillet 1698, et celui du Capac-Urcu, situé également dans les andes de Quito, et qui, plus élevé encore que le Carguairazo, s'était éboulé de même peu de temps avant la conquête de l'Amérique par les Espagnols. On peut rappeler en outre que, d'après les remarques de Bouguer sur la petitesse de la déviation que le Chimborazo fait éprouver au fil-à-plomb, il y a lieu de présumer qu'il est creux, et qu'un jour il pourra aussi s'affaisser, comme ont fait les deux cimes jadis rivales de la sienne.

On peut également citer diverses montagnes non volcaniques, dont des portions plus ou moins considérables se sont écroulées à la suite de tremblements de terre et ont été remplacées par des lacs, notamment à la Jamaïque dans le tremblement de terre de 1692. On a même vu, dans des tremblements de terre, des terrains plats, auparavant couverts de villages, s'enfoncer et faire place à des lacs. Un nouveau phénomène de ce genre est mentionné parmi les désastres arrivés

aux environs de Kaisarieh (l'ancienne Césarée de Cappadoce) au mois d'août 1835. Le village de Kometzi fut, dit-on, englouti et remplacé par un vaste lac (1).

Bien plus anciennement, l'an 285 avant J.-C., le grand lac de *Mitsou-oumi* ou Biva-no-oumi, dans l'île de Nifon, au Japon, se forma dans une seule nuit, par un immense éboulement, au moment où le *Fousi-no-yama*, qui est la plus haute montagne du Japon, s'éleva du sein de la terre (2).

Les analogies tirées de ces *faits historiques* se trouvent encore corroborées par la facilité avec laquelle s'expliquent les formes nettes et régulières des cratères-lacs de l'Eiffel, tels que les lacs de *Laach*, de *Meerfeld*, de *Gillenfeld*, de *Daun*, d'*Uelmen*, etc., et des cratères-lacs de l'Auvergne, tels que le lac *Pavin*, lorsqu'on admet l'existence de cavités intérieures dans lesquelles la matière qui manque aujourd'hui dans le centre vide de ces cirques a pu s'enfoncer.

Mais plus je suis frappé de la justesse et je dirai même de la lucidité de ces rapprochements, plus je crois nécessaire d'appeler l'attention sur un second ordre de faits qui sert naturellement de contrôle aux conclusions qu'on peut tirer des premiers.

---

(1) Voyez dans les comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences, tome I, p. 231, la lettre de M. Charles Texier à M. Arago.

(2) Voyez les notes et additions jointes aux fragments asiatiques de M. de Humboldt, tome I, page 223, par M. Klaproth, d'après divers auteurs chinois et japonais.

La possibilité de supposer dans l'intérieur des volcans de Quito et de l'île de Java l'existence d'immenses cavités constamment vides, ne peut pas être généralisée arbitrairement. Ces volcans ne se prêtent en effet à la supposition dont il s'agit, qu'en raison de la forme particulière de leurs éruptions, qui ne produisent jamais que des substances gazeuses, des cendres et des scories, sans qu'on y voie jamais aucune colonne de lave s'élever jusqu'à la surface. Mais l'Etna, dans lequel presque à chaque éruption on voit les laves sortir par le cratère ou par les flancs, n'est pas dans le même cas, et on ne pourrait admettre l'existence d'une vaste cavité dans le trajet de la cheminée principale qu'autant qu'on supposerait qu'à chaque éruption la lave commence par la remplir, avant de s'élever jusqu'à la superficie de la montagne.

Or l'ancien appareil volcanique qui a vomi la masse de déjections dans laquelle le Val-del-Bove est évidé, s'est trouvé précisément à cet égard dans le même cas que l'Etna moderne. Nous avons vu en effet que ce massif de déjections était traversé par une multitude de filons dont chacun résulte d'une fente remplie de matières en fusion venues de l'intérieur du globe.

Ces fentes, au fur et à mesure de leur formation, doivent avoir abouti inférieurement, non à un espace vide, mais à un réservoir rempli de lave dans lequel aucun éboulement ne pouvait se faire, du moins pendant que la lave s'y trouvait.

On pourrait dire à la vérité que le réservoir de ce liquide intérieur pouvait être très vaste, pouvait être susceptible de se vider, pouvait être assez

voisin de la surface pour causer en se vidant l'éboulement de cette dernière. Mais si ce réservoir était si vaste et si voisin de la surface, si le massif de roche solide qui en formait en quelque sorte le couvercle était dans le cas de se fendre très-fréquemment dans toute son épaisseur, si dans ce réservoir il s'exerçait une pression hydrostatique capable de faire monter les roches fondues jusqu'à la surface chaque fois qu'il se faisait une fente, si le liquide incandescent pouvait entrer dans ce réservoir et en sortir, n'aurait-il pas été possible que ce même liquide, dans une de ses oscillations, eût commencé par soulever la surface elle-même, et cette supposition ne serait-elle pas propre à rendre compte à la fois et de la forme tuméfiée du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna, et de la formation du Val-del-Bove par voie d'éboulement?

Cette même supposition, appliquée aux cratères-lacs de l'Eiffel, n'expliquerait-elle pas à la fois comment des cirques d'effondrement ont pu se produire dans un terrain que des colonnes de matières fondues avaient traversé de toutes parts, et avoir lieu de préférence vers les points culminants de ce même terrain?

Déjà dans un autre mémoire j'ai essayé de montrer que la forme circulaire de la crête principale des montagnes de l'Oisans peut être expliquée par une supposition toute semblable (1).

(1) Voyez Mémoires de la société d'histoire naturelle de Paris, t. V, p. 15. Voyez aussi la seconde édition du même mémoire, Annales des mines, 3e série, t. V, p. 33, et Mémoires pour servir à une description géologique de la France, tome II, p. 375.

Je suis également porté à penser que l'origine des crêtes circulaires que présente en si grand nombre la surface de la lune, et dans lesquelles M. Herschel croit avoir distingué les traces d'une stratification volcanique, crêtes dont j'ai signalé la ressemblance avec certains groupes circulaires de nos montagnes terrestres, pourrait aussi s'expliquer par quelque hypothèse analogue (1).

Mais le mémoire actuel s'appliquant spécialement à l'Etna, je ne pousserai pas plus loin une discussion que je ne pourrais terminer sans me livrer à une longue digression sur tous les cirques d'une forme simple et régulière, auxquels un phénomène d'écroulement paraît avoir donné la dernière main. Ce que j'ai dit ci-dessus me paraît suffire pour montrer qu'en ce qui concerne le Val-del-Bove, l'hypothèse infiniment probable, qui attribue à un écroulement une grande partie du vide qu'il nous présente, conduit naturellement à examiner la question de savoir si les parois qui le circonscrivent ne présenteraient pas la trace d'un soulèvement préalable; si les roches qui constituent les bords de l'espace écroulé se trouvent encore dans leur position originaire, ou bien si la saillie, que ces mêmes bords présentent au-dessus des terrains qui les entourent extérieurement, ne

(1) Voyez la note jointe à la première édition de mon mémoire sur les montagnes de l'Oisans dans le tome V des Mémoires de la société d'histoire naturelle de Paris, p. 16. Voyez aussi une note que j'ai publiée dans les Annales des sciences naturelles, t. XXII, p. 88, *sur les rapports qui existent entre le relief du sol de l'île de Ceylan, et celui de certaines masses de montagnes qu'on aperçoit sur la surface de la lune.*

serait pas l'effet d'un soulèvement; en un mot, si le cône en partie éboulé, dont les restes forment le contour du Val-del-Bove, et tout le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna, est un cône d'éruption formé de matières fondues et incohérentes, entassées dans leur position actuelle, ou si c'est au contraire un cône de soulèvement, formé d'assises entassées primitivement dans une position peu inclinée, et relevées avant l'effondrement qui a définitivement façonné le vide intérieur du grand cirque.

MÉMOIRE

Sur la cristallisation et la composition de la Bournonite.

Par M. DUFRÉNOY, ingénieur en chef des mines.

Des cristaux de Bournonite, trouvés par M. Brard, il y a déjà plusieurs années, dans le grès houiller de la mine de Cendras près d'Alais (département du Gard), m'ont fourni l'occasion d'étudier la cristallisation de cette substance. Dans les cristaux représentés *fig.* 2 et 3 *Pl. X*, les faces *b* et *c* placées sur les côtés B et C, font des angles qui ne diffèrent que de quelques minutes. La même circonstance se représente dans les cristaux de Bournonite du Cornouailles, *fig.* 6, pour les faces b^4 et c^2, également placées sur les côtés et qui font avec la base, des angles de 136°. 30′ et 136°. 9′. Cette identité presque absolue dans la position de deux systèmes de faces, placés sur des côtés différents, conduit naturellement à penser que la forme primitive de la Bournonite est un prisme à base carrée; mais comme il existe sur le côté B, des faces *f*, qui ne se reproduisent pas sur le côté C, il en résulte nécessairement que ces côtés sont inégaux, et que la forme primitive de cette substance est un prisme droit à base rectangle. Une autre disposition remarquable de la cristallisation de la Bournonite, est que, si l'on compare les cristaux d'Alais à ceux du Cornouailles, on remarque que les faces b^4 et c^2 de ces derniers, pla-

cées sur les côtés de la forme primitive, forment avec la base P des angles (136°. 30′, 136°.6′) presque identiques avec ceux des faces *a* (136°. 23′) qui, dans la Bournonite d'Alais, naissent sur les angles A.

Cette tendance de la nature à reproduire les mêmes angles dans des positions inverses, existe dans plusieurs espèces minérales et notamment dans la topaze où les faces *o* et *i*, qui résultent de troncatures tangentes, l'une sur le côté B, l'autre sur l'angle A, sont inclinées de 134°. 1′ sur la base du prisme.

Pour rendre cette notice plus complète, j'ai étudié comparativement avec la Bournonite d'Alais, des cristaux de Bournonite, de la mine de Pontgibaud (Puy-de-Dôme), d'Oberlahr en Prusse, de Servoz dans la vallée de Chamounix et de Kapnick en Transylvanie. J'ai en outre analysé les Bournonites d'Alais et du Mexique.

Ces différents cristaux peuvent se grouper en deux formes dominantes qui sont, des octaèdres rhomboïdaux formés par les faces *a* ou *a*[1]. Les Bournonites d'Alais, de Pontgibaud et d'Oberlahr rentrent dans la première forme. Celles du Cornouailles, de Servoz et de Kapnick appartiennent à la seconde. En outre, suivant le plus ou moins de développement des faces secondaires, les cristaux qui sont assez généralement fort aplatis, paraissent des octaèdres rhomboïdaux ou des tables rectangulaires biselées. Les cristaux de Pontgibaud et de Servoz affectent cette dernière disposition.

Les cristaux désignés sous le nom de *Radelers* (en forme de roue) à cause de leur forme cylindroïde, sont des macles résultant de la réunion de

cristaux allongés suivant leur axe et groupés à angle droit deux à deux. Le nombre des cristaux qui se pénètrent est variable, d'où il résulte que la forme générale du *Radelerz* est plus ou moins dentelée et que ses angles rentrants sont plus ou moins prononcés. Les bases de tous ces cristaux sont placées dans le prolongement les unes des autres, de manière à former une seule face plane bordée d'échancrures. Chaque cristal isolé présente les arêtes terminales des faces inclinées parallèles au côté C, qui paraissent correspondre à la face de la Bournonite du Cornouailles.

La Bournonite du Mexique est en très-gros cristaux, semblables à ceux du Cornouailles. Quelques échantillons présentent des macles analogues à ceux du Radelerz; ils sont alors presque toujours sillonnés par des stries longitudinales qui sont produites, comme dans le quartz, par la répétition successive de deux facettes.

J'ai réuni dans le tableau suivant, les valeurs des angles des cristaux de Bournonite que j'ai étudiés. Toutes les mesures ont été prises avec le goniomètre à réflexion; j'ai transcrit les résultats donnés par l'observation sans faire les corrections que nécessitait la correspondance des angles, afin qu'on pût les contrôler plus facilement.

DÉSIGNATION des angles.	ALAIS.	OBER-LAHR.	PONT-GIBAUD.	COR-NOUAIL-LES.	KAP-NICK.	SERVOZ.
P sur *b*. .	146° 30′	146° 32′	146° 41′	»	»	»
P sur b^4. .	»	»	»	136° 30′	»	»
P sur b^3. .	»	»	»	165	»	»
P sur *g*. .	127 20*	»	»	»	»	»
P sur *f*. .	»	130 05	»	»	130° 10′	»
P sur *c*. .	146 25	»	146 32	»	»	»
P sur c^1 .	»	»	»	173 15	»	»
P sur c^3. .	»	»	»	136 09	»	136° 40′
P sur *a*. .	136 15	136 23	136 28	»	»	»
P sur a^1.	»	»	»	146 48	»	147 02
P sur d^1. .	»	»	»	90	90	»
M sur *b*. .	123 22*	»	123 13	»	»	»
. . . .	123 30*	»	»	»	»	»
M sur *g*. .	142 40	»	»	»	»	»
M sur c^2. .	»	»	»	136 09	»	»
M sur *a*. .	121 56 45″ *	»	»	»	»	»
M sur a^1 .	»	»	»	114	»	»
M sur d^1. .	»	»	»	136 48	»	»
T sur *c*. .	123 35	»	123 15	»	»	»
T sur c^2 .	»	»	»	133 50	»	»
T sur d^1 .	»	»	»	133	132 50	»
c sur *c* . .	67 03	»	»	»	»	»
. . . . .	67 10*	»	»	»	»	»
a sur *a*. .	87 30	87 10	87 12	»	»	»
. . . .	87 30*	»	4	»	»	»
a sur *c*. .	148	»	»	»	»	»
a sur *b*. .	153 10	»	152 54	»	»	»
. . . . .	153 26 50 *	»	»	»	»	»
a sur *g* .	149 11 10	»	»	»	»	»
b sur *g*. .	160 50 *	»	»	»	»	»
d^1 sur d^1.	»	»	»	93 40	94 10	»
d^1 sur d^1.	en retour.	»	»	»	85 55	»

Les angles accompagnés d'une * ont été calculés.

La comparaison des angles compris dans ce tableau, montre qu'il n'existe pas d'angles communs entre les cristaux de Bournonite du Cornouailles et d'Alais que j'ai mesurés. La petite face *f*, placée sur le côté B qui se retrouve à la fois dans

la Bournonite d'Oberlahr et dans celle de Kapnick, constitue, pour ainsi dire, la seule liaison cristallographique entre les deux formes dominantes autour desquelles se groupent tous les cristaux de Bournonite. La réunion de ces différents cristaux en une seule espèce serait fondée sur des circonstances bien légères, si la chimie ne venait pas la confirmer. Mais il y a une telle analogie de composition entre les cristaux de Bournonite d'Alais et du Cornouailles qu'il me paraît impossible de les séparer.

Les cristaux de Bournonite se dérivent avec facilité d'un prisme rectangulaire droit, *fig.* 1, dans lequel les côtés B, C et la hauteur sont proportionnés aux nombres 76 : 64 : 47, ou d'un octaèdre à base rhombe formé par les facettes *a*. C'est par la considération de ces faces que j'ai calculé les valeurs des dimensions de la forme primitive, lesquelles diffèrent légèrement des dimensions adoptées par M. Haüy qui s'était servi des faces a^1 pour leur détermination. Les différentes facettes se déduisent de l'une des deux formes primitives par les lois suivantes :

		Du prisme.	De l'octaèd. rhomb. *a*.
Faces	a	A^1	$a : b : c$.
	a^1	$A\frac{3}{8}$	$a : b : \frac{3}{8}c$.
	c	B^1	$a : \infty b : 2c$.
	c^2	$B\frac{3}{5}$	$a : \infty b : 3c$.
	b	$B\frac{9}{10}$	$\infty a : b : 1,8c$.
	b^4	$B\frac{6}{5}$	$\infty a : b : 2,4c$.
	f	$B\frac{8}{5}$	$\infty a : b : 3,2c$.
	g	$B\frac{9}{5}$	$\infty a : b : 3,6c$.

L'éclat de la Bournonite est très-variable. Quelques cristaux comme ceux d'Oberlahr, sont très-éclatants, mais beaucoup d'autres présentent

des faces qui ne miroitent que faiblement. La couleur de la Bournonite est le gris d'étain. Sa cassure presque toujours conchoïde est luisante. M. Haüy a annoncé que la Bournonite est lamelleuse, cette circonstance avait même fait penser au fondateur de la minéralogie, que ce minéral ne constituait pas une espèce particulière, et il l'a décrit comme une simple variété d'antimoine sulfuré. Aucun des cristaux que j'ai examinés ne présente le tissu lamelleux, ce caractère est donc accidentel dans quelques échantillons. La Bournonite est peu dure, elle raye la chaux carbonatée, et elle est rayée par l'apatite.

Sa pesanteur spécifique varie entre 57 et 59.

Pesant. spéc. de la Bournonite du Cornouailles..	.	57,9
id. d'Alais......	.	58,29
id. du Mexique ...	.	58,45
id. de Servoz	.	57,10

Toutes les Bournonites présentent au chalumeau les mêmes réactions. Sur le charbon elles fondent et dégagent une fumée blanche épaisse, puis elles donnent un globule noir. On peut facilement constater la présence du plomb par l'oxidation, et celle du cuivre, par le borax.

Analyse.

J'ai analysé la Bournonite d'Alais et celle du Mexique, dont je ne crois pas la composition connue. Le procédé que j'ai employé pour la Bournonite d'Alais consiste à fondre 3 grammes de matière avec un mélange de carbonate de soude et de nitre. J'ai repris la masse fondue par de l'eau bouillante, et j'ai ensuite séparé la liqueur potassée du résidu.

Le soufre qui a été acidifié par cette opération est dans la liqueur à l'état de sulfate de potasse ; tandis que le résidu contient l'antimoine à l'état d'acide antimonique, et le plomb et le cuivre sous forme de carbonates.

J'ai précipité l'acide sulfurique en versant du nitrate de baryte dans la liqueur potassée, après toutefois l'avoir saturée par l'acide nitrique. J'ai obtenu $4^{g},187$ de sulfate de baryte correspondant à $0^{gr},5779$ de soufre. L'acide antimonique pouvant s'être combiné en partie avec la potasse, j'ai recherché sa présence par l'acide hydrosulfurique; mais la séparation avait été complète, et ce réactif n'en a pas donné la plus légère trace; seulement il s'est formé un précipité floconeux très-léger, que j'ai reconnu pour être de la silice qui avait été dissoute dans la potasse; il pesait $0^{gr},006$. J'ai repris le résidu contenant les métaux par de l'acide nitrique : le cuivre et le plomb ont été dissous, tandis que l'antimoine est resté à l'état d'acide antimonique : j'ai recueilli cet acide sur un filtre et après avoir été desséché il pesait $1^{g},084$, correspondant à $0^{g},828$ d'antimoine.

La Bournonite d'Alais est accompagnée de quartz et de pyrite de fer que je n'ai pu séparer complétement ; j'ai pensé que la liqueur nitrique pouvait contenir de la silice en dissolution : je l'ai en conséquence évaporée à siccité, mais à une douce chaleur. Cette opération a donné :

Silice. . . . . $0^{gr},048$

J'ai séparé le plomb du cuivre au moyen de quelques gouttes d'acide sulfurique ; le précipité pesait $1^{g},609$ correspondant à $1^{g},098$ de plomb.

Il restait dans la dissolution nitrique, outre le

cuivre propre à la Bournonite, du fer provenant de la pyrite dont elle est légèrement mélangée. Pour séparer ces deux métaux j'ai fait passer dans la liqueur un courant d'acide hydrosulfurique, qui a précipité le cuivre. Le sulfure obtenu a été grillé, et a donné 0gr,432 d'oxide cuivrique représentant 0gr,345 de cuivre métallique.

L'ammoniaque a précipité 0,055 de peroxide de fer. Enfin je me suis assuré que cette Bournonite ne contenait pas de zinc en versant du carbonate de soude dans la liqueur que l'on avait successivement dépouillée du cuivre et du fer. En réunissant les différents nombres fournis par cette analyse, la composition de la Bournonite d'Alais est :

Plomb	1g,0980
Cuivre	0 ,3450
Antimoine	0 ,8280
Soufre	0 ,5779
Fer	0 ,0347
Silice	0 ,0540
Perte	0 ,0624
	3 ,0000

Le fer et la silice qui existent dans cette analyse proviennent d'un mélange visible à l'œil ; si on retranche ces deux substances, ainsi que 0g,0309 de soufre qui combinés avec les 0,0347 de fer reproduisent la pyrite de la gangue, et qu'on ne tienne pas compte de la perte, la composition de la Bournonite d'Alais devient alors :

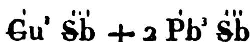
			en cent.
Plomb	1gr. ,098	—	0,389
Cuivre	0 ,345	—	0,123
Antimoine	0 ,828	—	0,294
Soufre	0 ,547	—	0,194
	2 ,818	—	1,000

L'analyse de la Bournonite du Mexique, faite au moyen de l'acide nitrique, a donné :

			en cent.
Plomb.	1,206	—	0,402
Cuivre.	0,309	—	0.133
Antimoine.	0,849	—	0,283
Soufre.	0,534	—	0,178
	2,988	—	0,996

L'échantillon de Bournonite du Mexique sur lequel j'ai opéré, provient d'un très-bel échantillon qui existe dans la collection de minéralogie du collége de France ; il se compose d'une masse cylindroïde présentant des angles rentrants, et fort analogue au *Radelerz*, seulement, les cristaux de Kapnick sont très-petits, tandis que l'échantillon du collége de France a plus d'un pouce de diamètre.

Les résultats de ces analyses s'accordent assez bien avec ceux qui ont été obtenus par M. H. Rose et par Smithson, sur les Bournonites du Hartz et du Cornouailles dont la formule est :



$$\dot{C}u^3 \dddot{S}b + 2\,\dot{P}b^3 \dddot{S}b$$

La Bournonite paraît donc, sous le rapport de la composition chimique, une des espèces les mieux caractérisées parmi les substances qui composent le groupe des sulfures multiples. Non-seulement sa formule minéralogique est la même, mais en outre les quatre éléments qui entrent dans sa composition, se trouvent dans des proportions presque identiques dans les différentes Bournonites dont il est question dans cette note.

La cristallisation confirme, du moins en partie,

les conclusions auxquelles l'analyse conduit; on doit rappeler néanmoins cette circonstance singulière, que les cristaux les plus nets de Bournonite du Cornouailles, d'Oberlahr et d'Alais que j'ai mesurés ne présentent pas une seule face commune.

DESCRIPTION

De l'affinage par cristallisation, *nouveau procédé métallurgique ayant pour objet la séparation du plomb et de l'argent*;

Par M. F. LE PLAY, ingénieur des mines (1).

On emploie depuis un an avec grand avantage, dans plusieurs usines à plomb de la Grande-Bretagne, un procédé métallurgique qui, selon toute apparence, doit avoir le même succès sur le continent. Ce procédé est fondé sur un phénomène chimique, découvert par M. H.-L. Pattinson, habile ingénieur anglais, à qui appartient également l'honneur d'en avoir fait application à l'industrie, et d'avoir ainsi complété une véritable révolution dans une branche fort importante de la métallurgie.

Pour faire apprécier toute l'importance de la découverte de M. Pattinson, je crois utile d'entrer dans quelques détails préliminaires.

La première partie des procédés métallurgi-

(1) Les observations qui font l'objet de cette notice ont été recueillies accessoirement dans une mission remplie en 1836 et ayant pour objet spécial l'étude des houillères et des usines à fer des îles britanniques. La notice entière est extraite d'un rapport que j'ai présenté, à la suite de cette mission, à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, et est imprimée par son ordre.

Je dois la plupart des renseignements contenus dans cette notice à l'amitié de MM. John Taylor, de Coed Dhu, et Georges Burnett, de Newcastle, qui m'ont aidé, dans

ques, d'ailleurs fort divers, employés pour traiter les minerais de plomb argentifères, a toujours pour but d'en extraire le plomb métallique. L'argent se concentre naturellement dans le plomb, sans qu'il y ait besoin de prendre aucune mesure spéciale pour favoriser la réunion des deux métaux. Le complément obligé de ces différents procédés est donc une opération, ayant pour objet la séparation du plomb et de l'argent : or, jusqu'à ces derniers temps, on ne connaissait, pour arriver à ce résultat, qu'une seule méthode comprenant les opérations suivantes :

1° *La coupellation*, opération dans laquelle le plomb argentifère est porté à une température supérieure au degré de fusion, sur une sole concave de matières terreuses, puis soumis à l'action

---

ses études sur la Grande-Bretagne avec cette libéralité qui, heureusement pour le progrès des arts, devient moins rare chaque jour chez les hommes éclairés.

Les poids et les mesures, dont il est question dans cette notice, ont la valeur suivante en mesures métriques :

Poids.

1 fodder = 21 quint. de 112 liv. = 2.352 liv. = 1.065k,69
1 tonne = 20 quint. de 112 liv. = 2.240 liv. = 1.014 ,94
1 quintal = 112 livres avoir du poids. . . = 50 ,747
1 livre = 16 onces. . . . . = 0 ,4531
1 once. = 0 ,0283
1 once d'argent par fodder de plomb argentifère, équivaut à 0,000026 d'argent pour 1,000000 de plomb argentifère.

Monnaies.

1 livre sterling = 20 shillings, au cours moyen du change, vaut à peu près. . . . . = 25f,25
1 shilling = 12 *pence*. . . . . = 1 ,262
1 penny (pluriel *pence*) ou denier sterling. . . = 0 ,101

F. L.-P.

oxidante d'un courant d'air qui sépare la totalité du plomb à l'état d'oxide ou de *litharge*, et laisse l'argent sur la sole, à peu près à l'état de pureté;

2° *La revivification des litharges*, opération ayant pour objet de réduire l'oxide de plomb, et de reproduire le plomb métallique;

3° *La fusion des fonds de coupelle*, dans laquelle on régénère une autre portion du plomb infiltré à l'état d'oxide dans les matières terreuses composant la coupelle.

Les inconvénients de la coupellation et de ses deux opérations complémentaires sont : l'influence fâcheuse que les substances plombeuses, entraînées dans les ateliers par le courant d'air de la coupellation, exercent sur la santé des ouvriers; la perte considérable de plomb métallique, 7 centièmes au moins, dus à la coupellation d'abord, puis à la réduction des litharges et des fonds de coupelle; enfin la dépense considérable de combustible et de main-d'œuvre nécessitée par une opération comprenant des manipulations assez compliquées. Il en résulte qu'on ne peut coupeller avec profit beaucoup de plombs qui contiennent cependant une notable proportion d'argent, et dans lesquels, par conséquent, ce dernier métal reste sans valeur.

Le procédé de M. Pattinson n'exerce aucune mauvaise influence sur la santé des ouvriers, il ne donne lieu sur le plomb qu'à une perte ordinairement inférieure à 2 centièmes; enfin il est tellement économique, du moins dans les conditions où on l'emploie en Angleterre, qu'on peut l'appliquer avec profit à des alliages peu riches en argent, que jusque-là on n'aurait pu traiter sans perte. Ce procédé, très-simple dans son principe

et dans l'exécution, est fondé sur le phénomène suivant :

Si, après avoir porté à fusion complète un alliage de plomb et d'argent, on le laisse ensuite refroidir très-lentement, en agitant sans cesse, avec un râble, la masse métallique, on observe qu'à partir d'un certain moment il se dépose dans le liquide une quantité incessamment croissante de cristaux imparfaits, que l'on peut enlever avec une écumoire, absolument comme ceux que laisserait déposer, dans les mêmes circonstances, un liquide saturé d'un sel plus soluble à chaud qu'à froid. En soumettant à l'analyse le métal ainsi enlevé à l'état cristallin, et celui qui compose la masse qu'on pourrait comparer à une liqueur mère, on trouve que le premier est beaucoup plus pauvre, et le second, beaucoup plus riche que l'alliage primitif. On conçoit d'ailleurs aisément que les cristaux sont d'autant plus pauvres en argent, que la quantité de métal séparée du bain liquide est moindre, et qu'au contraire le métal liquide restant est d'autant plus riche, que la proportion de cristaux enlevés est plus considérable.

L'expérience a prouvé, du moins dans les circonstances où l'on a opéré jusqu'ici dans les usines anglaises, que le même phénomène se produit, quelle que soit la richesse de l'alliage; lors donc que l'on soumet successivement à cette espèce de départ par cristallisation un alliage donné, ainsi que les produits qui en dérivent, on obtient deux séries : l'une d'alliages de plus en plus riches, l'autre d'alliages de plus en plus pauvres, sans qu'il y ait, à ce double résultat de l'opération, d'autre limite que celle qui dépend des conditions

économiques dans lesquelles on opère. Dans les usines où j'ai vu la nouvelle méthode en usage, on se contentait d'amener le plomb pauvre à la teneur des plombs de litharge, et l'on ne poussait pas le plomb riche au delà d'une teneur en argent décuple de celle de l'alliage primitif. Cet alliage riche est soumis ensuite à la coupellation; mais, comme il ne contient que la dixième partie du plomb soumis à la cristallisation, la perte due à la coupellation se trouve évidemment réduite au dixième de ce qu'elle eût été par l'ancienne méthode (0,007 au lieu de 0,07).

Les $\frac{9}{10}$ du plomb sont livrés au commerce sans avoir subi d'autre déchet que celui qui résulte de la refonte d'une petite quantité de crasses que l'on enlève de la surface du bain de plomb au commencement de l'opération. Cette perte s'élève à $\frac{1}{2}$ centième au plus, en sorte que la perte totale reste au-dessous de 2 centièmes. Comme d'ailleurs on n'a à coupeller qu'une très-petite quantité de métal, on peut conduire cette opération avec toute la lenteur désirable, et éviter à peu près complétement les fâcheux effets des vapeurs plombeuses sur la santé des ouvriers.

L'affinage par cristallisation ne remplace donc pas complétement la coupellation; mais, ce qui revient à peu près au même, il permet de restreindre à volonté et dans une proportion considérable, la proportion de plomb sur laquelle cette opération dispendieuse doit être pratiquée.

Le principe du nouveau procédé est si simple, que toute personne versée dans le traitement des métaux imaginera aisément les moyens de le mettre en pratique : ces moyens d'ailleurs doivent nécessairement varier en chaque localité, suivant

la nature et la destination des produits; enfin, ce procédé étant encore nouveau en Angleterre, il n'est pas probable qu'on ait déjà trouvé le meilleur choix parmi les combinaisons en nombre infini qu'il est possible de faire dans l'arrangement des manipulations. Je crois néanmoins utile de présenter ici quelques détails relatifs à l'usine à plomb de Newcastle, et surtout des renseignements numériques propres à faire apprécier la supériorité de la méthode de M. Pattinson dans les conditions particulières à cette usine.

L'atelier d'affinage par cristallisation est de la dernière simplicité : il est composé de 3 chaudières hémisphériques en fonte, de $1^m,20$ de diamètre et de $0^m,006$ d'épaisseur : celles-ci reposent par un rebord annulaire supérieur sur un massif de maçonnerie, où les chaudières sont entièrement engagées, les centres dans une même ligne droite. Dans ce même massif, immédiatement au-dessous de chaque chaudière, se trouve un petit feu de houille, dont la flamme, après avoir léché la surface extérieure de la chaudière, sort par plusieurs canaux, contenus également dans le massif, et se rend dans une petite cheminée commune aux trois chaudières. Du fond de chaque chaudière part un conduit, au moyen duquel on fait couler à volonté à l'extérieur le métal liquide qu'elle contient. Les orifices de ces conduits sont pratiqués sur l'une des grandes faces du massif de maçonnerie, précisément à l'opposé des portes de chauffe.

On charge dans une chaudière trois tonnes environ de plomb argentifère, qui ne tarde pas à se liquéfier par l'influence du foyer inférieur. Dès que la fusion est complète, on enlève le feu et

l'on bouche hermétiquement l'ouverture de la grille et du cendrier avec des briques et un lut d'argile. On commence alors à agiter le liquide avec une simple barre de fer ronde, terminée en biseau : l'ouvrier n'a d'ailleurs aucun soin particulier à prendre, si ce n'est de promener constamment ce ringard dans toutes les parties du bain, et principalement vers le contour de la surface, où le métal a surtout tendance à se prendre en masse. L'ouvrier enlève les cristaux, à mesure qu'ils se déposent, avec une écumoire portée à une température légèrement supérieure à celle du bain : le liquide enlevé du bain, en même temps que les cristaux, coule abondamment par les trous de l'écumoire, et se sépare fort bien, au moyen de deux ou trois secousses, de la partie solide qui se présente alors sous forme d'une masse caverneuse demi-cristalline, demi-pâteuse.

La proportion de cristaux qu'on enlève à chaque fonte dépend de la richesse de l'alliage que l'on traite. Si cet alliage est pauvre, on le partage ordinairement dans la proportion de $\frac{2}{3}$ de cristaux pauvres et de $\frac{1}{3}$ de liquide riche : on intervertit cette proportion si l'alliage à traiter a une forte teneur en argent.

Dans chaque cas déterminé, et pour un dosage donné, la différence de richesse des deux alliages est d'autant plus grande, que l'opération a été conduite avec plus de soin : cependant, je le répète, elle n'exige qu'un assez court apprentissage, et qu'une médiocre habileté de la part des ouvriers.

Pour éclaircir les détails précédents par un exemple, je supposerai, ce qui est un cas assez fréquent en Angleterre, que l'on ait à traiter du plomb contenant dix onces d'argent par tonne. En

opérant sur trois tonnes de cet alliage, savoir :

60 qx. à 10 onç. d'arg. par tonne, conten. en tout 30 onc.

on obtiendra, dans la première opération,

(*a*)	40 qx. à $4\frac{1}{2}$ onces d'arg.	par to.,	en tout.	$9^{on.}$	}	$30^{on.}$
(*b*)	20 qx. à 21 onces.	—	—	21		

Chacun des alliages (*a*) et (*b*) sera réuni aux alliages de même nature, obtenus par le traitement d'une ou de plusieurs autres portions de trois tonnes de l'alliage primitif : on prendra encore trois tonnes de chacun de ces nouveaux alliages pour les soumettre à la cristallisation ; mais, afin de mieux embrasser la suite des résultats, nous isolerons par la pensée, dans les opérations suivantes, les traitements des deux produits (*a*) et (*b*).

Les 40 qx. d'alliage à $4\frac{1}{2}$ onces et les 20 qx. d'alliage à 21 onces, soumis séparément à la cristallisation, donneront :

(*a'*)	30 qx. à $2\frac{1}{2}^{on.}$	par ton.	cont. en tout.	$3\frac{3}{4}$	$9^{on.}$
	10 qx. à $10\frac{1}{2}$	—	—	$5\frac{1}{4}$	
(*b'*)	10 qx. à $9^{on.}$	—	—	$4\frac{1}{2}$	21
	10 qx. à 33	—	—	$16\frac{1}{2}$	
	60 — Tot. comme dans les 3 to. d'all. prim.				— 30

Les produits de la triple opération, exécutés sur les trois tonnes de l'alliage primitif et sur les produits immédiats, seront donc :

(1)	30 qx. à $2\frac{1}{2}^{onc.}$	par to.,	cont. en tout	$3\frac{3}{4}$	$30^{on.}$
(2)	10 qx à 9	—	—	$4\frac{1}{2}$	
	10 qx. à $10\frac{1}{2}$	—	—	$5\frac{1}{4}$	
(3)	10 qx. à 33	—	—	$16\frac{1}{2}$	

De ces trois groupes de produits, le premier sera traité de nouveau, et donnera lieu à des pro-

duits de plus en plus pauvres; le troisième par la répétition des mêmes moyens donnera des alliages de plus en plus riches, et enfin le deuxième, composé de deux alliages, ayant à peu près la teneur de l'alliage primitif, seront rejetés dans la chaudière où l'on traite celui-ci.

La relation des opérations successives est maintenant aisée à saisir : tout en s'attachant à obtenir une division de produits qui est l'essence même de la nouvelle méthode d'affinage, on doit éviter de tomber dans une complication extrême : l'artifice employé à cet effet consiste toujours à proportionner les produits de chaque cristallisation, de telle sorte que les alliages, séparés de l'alliage le plus riche et le plus pauvre, rentrent toujours dans la teneur de l'alliage primitif, ou dans un petit nombre d'alliages intermédiaires entre les limites extrêmes, et que l'on réunit constamment pour les traiter en commun.

On conçoit maintenant de reste comment ces détails de manipulation peuvent varier à l'infini : on peut par exemple introduire, dans le traitement que je viens de décrire, la nuance suivante, que j'ai vu pratiquer à l'usine de Newcastle. Reprenons par exemple, la première opération décrite ci-dessus, à l'instant où les 40 qx. de cristaux pauvres ont été enlevés; au lieu de faire couler immédiatement à l'extérieur les 20 qx. d'alliage riche restant dans la chaudière, en perçant le tampon d'argile qui les retient, on continue à remuer le liquide jusqu'à ce que la moitié du métal soit encore déposée sous forme de cristaux. A ce moment, au lieu d'enlever ces cristaux à l'écumoire comme on l'avait fait jusque-là, on en sépara le liquide qui les baigne en faisant une percée, et

en agitant la masse cristalline pour donner écoulement à ce liquide. On pratique ainsi immédiatement, après la première opération, un nouveau départ qui, sans cela, eût exigé une nouvelle fusion désignée, dans la description précédente, par la lettre(b'). On peut donc extraire, en une seule opération, $\frac{1}{6}$ du plomb employé, avec une teneur plus que triple de celle de l'alliage primitif, c'est-à-dire retenant plus de la moitié de l'argent contenu dans cet alliage.

Je terminerai cette notice par quelques détails économiques circonstanciés, sur un ensemble d'opérations exécutées dans l'usine à plomb de New-castle. Ces détails donneront la mesure de la supériorité de la méthode de M. Pattinson sur le procédé ancien, dans des circonstances bien définies, et permettront de calculer approximativement les avantages qu'on en pourrait attendre dans d'autres circonstances.

25 fodders, 15 qx. 49 livres, ou 540 qx. 49 liv. de plomb argentifère, tenant 5 onces d'argent par fodder, soit en tout 130 onces d'argent, ont donné, après trois cristallisations successives, les produits suivants :

	onces.	onc.
440 quint. de plomb pauvre, tenant $\frac{1}{2}$ once d'argent par fodder, soit en tout.	$10\frac{1}{2}$	130
15 qx. 49 liv. de plomb ayant à peu près la teneur primitive, soit en tout.	$3\frac{1}{2}$	
84 qx. de plomb riche à coupeller, tenant 29 onces par fodder, soit en tout.	116	
1 qx. de perte, due principalement à la refonte des écumes du bain.	»	

Le plomb riche à soumettre à la coupellation n'a, comme on voit, qu'une teneur très-faible, et sextuple seulement de celle de l'alliage primitif:

…te circonstance tient à une condition spécia-
…sine de Newcastle, où l'on est obligé de [illegible]
… une assez grande quantité de plomb [illegible]
…ée, plus propre que le plomb [illegible] coupell…
…brication du blanc de céruse. L'un des pro-
…produits de cette usine; on a donc intérêt
… point trop réduire la proportion de plomb
…ise à la coupellation. C'est là une de ces
…reuses conditions qui doivent porter à mo-
… en chaque localité, le procédé de M. Pat-

…nage par cristallisation, et la coupellation
… qx. de plomb à 29 onces, ont donné lieu
…s suivants :

1° *Affinage par cristallisation.*

…œuvre. 2 ouvriers, travaillant
… 9 heures, peuvent préparer la
plomb pauvre et la quantité
…pondante de plomb riche; le de-
… 440 qx. de plomb pauvre exi-
…donc 27,5 journées de travail,
à raison de 3 shillings l'une, …
…vées. 4 2 6
…*ible*. Le chauffage des chau-
…s d'affinage exige 3 qx. de houille
…odder de plomb pauvre séparé,
… tonnes 3 qx. de houille pour 440
La houille revient à l'usine à 10
… par chaldron de 53 qx.; d'où ré-
… une dépense totale de. 0 12 6
…*le patente* de M. Pattinson; 3 sh.
fodder de plomb pauvre; soit
… 21 fodders ou 440 quintaux . . 3 3 0
… de 1 quintal de plomb, à raison de
… liv. sterl. par fodder de 21 quint. . 1 4 0

Total. 9 1 0 9 1 0

…s des deux méthodes,
… que chacune d'elles
…re et dans la petite
…i est toujours un pro-
…on (1), à peu près la
portant donc 114 on.
… commun des deux
…er pour couvrir les

…*u procédé.*

	liv.	sh.	d.
…once.	30	10	9
…la coupellation			
à raison de 10			
. . . .	1	19	0
. . . .	32	9	9

…*dé ancien.*

	liv.	sh.	d.
…d. l'once. . . .	30	10	9
…coupellation à			
…es $\frac{11}{14}$ du plomb			
…ition, à raison			
. . . .	12	11	0
. . . .	43	1	9

…par cristallisation, le
…a ne peut traiter seul,
…ler aux plombs riches
…page 390).
…riche provient de la
…sont formées sur le
…nomme litharges ri-
…le coupelle qui sup-
…n également à du
…r les coupellations

…e le plomb riche

	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.
A reporter.				9	1	0

2° *Coupellation.*

	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.
Main-d'œuvre. 3 shill. 6 d. par fodder de plomb soumis à la coupellation ; soit pour 4 fodders ou 84 quintaux. .	0	14	0			
Combustible. 12 qx. 70 liv. par fodder de plomb à coupeller ; soit pour 4 fodders, à raison de 40 sh. par chaldron de 53 quintaux.	0	8	8			
Matériaux de la coupelle et frais divers. 1 sh. 7 d. par fodder de plomb coupellé ; soit pour 4 fodders.	0	6	4			
Perte en plomb. $\frac{1}{14}$ du plomb coupellé ; soit 6 qx. à raison de 25 livres sterl. par fodder de plomb.	7	3	0			
Total.	8	12	0	8	12	0
Total général des frais du traitement par le nouveau procédé.				17	13	0

Le traitement des 540 qx. 49 liv. de plomb argentifère par l'ancienne méthode, c'est-à-dire par la coupellation directe, eût donné lieu aux frais suivants :

Coupellation directe.

	liv.	sh.	d.
Main-d'œuvre, combustible et fonds de coupelle, à raison de 7 sh. 7 d. par fodder de plomb à coupeller, ainsi que le détail en a été donné ci-dessus ; soit pour 540 quintaux de plomb.. .	9	9	7
Perte en plomb, $\frac{1}{14}$ du plomb à coupeller ; soit 38 quint. à raison de 25 liv. sterl. par fodder.	45	7	0
Total général des frais du traitement par l'ancien procédé.	54	16	7

Pour comparer les résultats des deux méthodes, il convient de faire observer que chacune d'elles laisse dans le plomb pauvre et dans la petite quantité de plomb riche, qui est toujours un produit accessoire de l'opération (1), à peu près la même quantité d'argent. En portant donc 114 on. d'argent, comme le produit commun des deux opérations, on doit compter pour couvrir les frais détaillés ci-dessus :

1° *Dans le nouveau procédé.*

	liv.	sh.	d.
114 onces d'argent à 5 sh. 4 d. $\frac{3}{8}$ l'once.	30	10	9
Excédant de valeur donné par la coupellation aux 78 qx. de plomb obtenu, à raison de 10 shill. 6 d. par fodder.	1	19	0
Total.	32	9	9

2° *Dans le procédé ancien.*

	liv.	sh.	d.
114 onces d'argent à 5 shill. 4 $\frac{3}{8}$ d. l'once. . . .	30	10	9
Excédant de valeur donné par la coupellation à 23 fodders 19 quint. formant les $\frac{13}{14}$ du plomb argentifère soumis à la coupellation, à raison de 10 shill. 6 d. par fodder.	12	11	0
Total.	43	1	9

(1) Dans le procédé d'affinage par cristallisation, le plomb riche est le faible résidu qu'on ne peut traiter seul, et qu'on garde en réserve pour le mêler aux plombs riches d'une autre série d'opérations (voyez page 390).

Dans l'ancien procédé, le plomb riche provient de la réduction des dernières litharges qui se sont formées sur le gâteau d'argent, et que pour cela on nomme litharges riches. La fonte de la portion des fonds de coupelle qui supportent le gâteau d'argent donne lieu également à du plomb riche que l'on garde toujours pour les coupellations suivantes.

Dans le procédé de M. Pattinson, outre le plomb riche

Le traitement de 540 qx. 49 liv. de plomb argentifère, tenant 5 onces d'argent par fodder, ou 0,00015 d'argent, donne donc lieu, dans les conditions où se trouve l'usine de Newcastle, aux résultats suivants :

		liv.	sh.	d.
Nouveau procédé.	Produit brut........	32	9	9
	Frais.............	17	13	0
	Profit......	14	16	9
Ancien procédé.	Produit brut........	43	1	9
	Frais.............	54	16	7
	Perte......	11	14	10

Ainsi, dans les mêmes circonstances où l'emploi du procédé de M. Pattinson a donné un profit qui s'élève à 80 p. $\frac{0}{0}$ des frais bruts du traitement métallurgique, l'ancienne méthode de la coupellation directe eût donné une perte égale à 23 p. $\frac{0}{0}$ des frais dus à cette opération. La comparaison serait plus favorable encore au nouveau procédé, si l'on opérait dans une localité où le plomb de litharge n'eût pas une valeur supérieure au plomb ordinaire : dans ce cas la supériorité économique d'une méthode sur l'autre serait simplement en raison inverse des dépenses auxquelles chaque méthode donne lieu : la supériorité de la méthode de M. Pattinson serait alors exprimée par le rapport 54 $\frac{4}{5}$: 17 $\frac{1}{2}$, ou 1000 : 325.

En résumé, si l'on néglige l'augmentation de valeur que, par une exception toute locale, la

---

résidu de la cristallisation, on en obtient encore une très faible quantité par l'affinage de la petite quantité de plomb enrichi que l'on soumet à la coupellation.

coupellation donne au plomb métallique, on voit que dans les conditions détaillées ci-dessus le traitement du plomb argentifère donne lieu aux frais suivants :

Pour 1 fodder de plomb argentifère,

	liv.	sh.	d.
Nouveau procédé.	0	13	7
Ancien procédé.	2	2	2

Ou pour 1.000 kilogr. de plomb argentifère,

Nouveau procédé.	16f,25
Ancien procédé.	49 ,85

Si d'ailleurs on admet que le traitement du plomb argentifère soit possible économiquement lorsque le bénéfice est égal au dixième des dépenses brutes auxquelles le traitement donne lieu, on peut calculer aisément, avec les données précédentes, qu'il est suffisant que le plomb argentifère ait la teneur suivante en argent :

Avec le nouveau proc. 3 onces par fodder ci 0,000078
Avec l'ancien procédé. . 8 $\frac{4}{10}$ onces par fodd. ci 0,000218

M. John Taylor emploie le procédé de M. Pattinson avec grand succès dans les usines de Bagill Hall, près de Holywell, dans le Flintshire. Dans cette localité, la main-d'œuvre est un peu moins chère qu'à Newcastle, mais par compensation la houille, au lieu de coûter 4 shill., revient à 6 shill. la tonne. On peut prendre une idée très-nette des avantages du procédé de M. Pattinson dans cette localité, par les conditions suivantes d'un marché qui est contracté journellement entre les propriétaires de Bagill Hall et les fabricants de plomb du voisinage. Ceux-ci

remettent à l'atelier d'affinage des saumons de plomb tenant seulement 6 onces d'argent par tonne de 20 quintaux, et reçoivent en retour le même poids de plomb désargenté, plus 7 shill. 6 deniers par tonne de plomb. Avec ces conditions, en portant la teneur du plomb pauvre à moins d'une once, et celle du plomb riche à 80 onces, on peut réaliser un bénéfice de 10 sh. par tonne. Le traitement d'un alliage tenant 6 $\frac{1}{11}$ onces d'argent par fodder de 21 qx. donne donc lieu à un profit net de 18 shill. 4 d. Ces résultats, convertis en mesures françaises, indiquent un bénéfice de 21 fr. 75 par 1.000 kil de plomb argentifère tenant 0,00016 d'argent.

En résumé, l'affinage par cristallisation réduit dans la proportion de 3 : 1 les frais de séparation du plomb et de l'argent, et permet d'extraire avec profit ce dernier métal d'un plomb qui n'en renferme que 3 onces environ ou 0^k,078 par tonne de 1.000 kilogrammes. Cette expression précise de la supériorité de la nouvelle méthode sur l'ancienne ne convient, il est vrai, qu'au cas particulier que j'ai décrit précédemment; mais cette supériorité est tellement prononcée qu'il y a lieu de croire qu'elle se soutiendra dans toutes les conditions où se trouvent les diverses usines du continent, où la coupellation est pratiquée aujourd'hui. Je le répète toutefois, il sera probablement nécessaire, dans la plupart de ces usines, d'apporter de notables modifications au procédé tel qu'il vient d'être décrit; et cette nécessité résultera principalement de l'énorme différence qui existe dans la teneur en argent du plomb d'œuvre que l'on affine en Angleterre, surtout depuis la découverte de M. Pat-

tinson, et de ceux que l'on prépare aujourd'hui dans les usines de France et d'Allemagne.

Autant que j'en puis juger par les observations que j'ai eu occasion de recueillir dans plusieurs districts de mines de l'Europe, c'est en France que s'exploitent les minerais de plomb les plus riches en argent. A proprement parler, on n'y traite plus aujourd'hui de minerais de plomb proprement dits, mais bien de véritables minerais d'argent, puisque, dans les trois usines où l'on prépare simultanément ces deux métaux, la valeur de l'argent est plus considérable que celle des produits plombeux. Cette conséquence résulte du tableau suivant, où j'ai résumé sous ce rapport les principales circonstances de l'extraction du plomb et de l'argent dans les usines françaises pendant l'année 1835 (1).

Valeurs relatives du plomb et de l'argent préparés dans les usines françaises en 1835.

DÉSIGNATION DES USINES.	TEN en argent du plomb d'œuv.	VALEUR de l'argent obtenu.	VALEUR du plomb et de la litharg.	VALEUR totale des prod.	OBSERVATIONS.
Vialles et Villefort (Lozère).	0,0053	fr. 69.300	fr. 36.900	fr. 106.200	(1) A Poullaouen, le plomb d'œuvre est enrichi par un minerai d'argent particulier qu'on ajoute pendant la fusion du minerai plombeux. — Une certaine quantité d'argent est produite à Huelgoat par l'amalgamation d'une partie de ce premier minerai.
Poullaouen et Huelgoat (Finistère) (1).	0,0029	176.649	236.706	513.355	
Pontgibaud (Puy-de-Dôme).	0,0028	34.380	36.000	70.880	
Totaux. . . .		280.329	309.606	690.435	

(1) Ces renseignements sont extraits des documents recueillis annuellement par MM. les ingénieurs des mines, sur la richesse minérale de chaque département.

Eu égard à la teneur en argent des produits, les usines à plomb, aujourd'hui en activité en Europe, appartiennent à deux classes bien tranchées : celles qui sont alimentées par des gîtes de galène d'une exploitation facile et économique, et où le plomb peut être fabriqué avec profit, indépendamment de la valeur souvent négligeable de la petite proportion d'argent qu'il renferme; celles, au contraire, où les principaux bénéfices de l'exploitation reposent sur l'extraction de l'argent contenu en forte proportion dans les minerais. Il existe des différences énormes dans la teneur en argent des plombs obtenus dans ces deux classes d'usines; mais des variations considérables se présentent en outre dans la teneur des plombs argentifères préparés dans un même district, et même dans les diverses opérations d'une seule usine. C'est ce que démontre le tableau suivant, qui, de plus, peut faire pressentir, à quelques égards, les avantages qu'aurait l'introduction de la nouvelle méthode dans les localités ci-dessous mentionnées. J'en ai recueilli moi-même les éléments dans les usines dont il s'agit, et j'y ai introduit les renseignements que je viens de présenter pour les usines de France, afin de montrer le rang élevé qu'occupent parmi les produits de l'Europe les plombs préparés dans ces usines.

NOM DE L'USINE.	PROVINCES où elles sont situées.	Année à laquelle se rapportent les renseignem.	MODE DE PRÉPARATION ET ORIGINE DU PLOMB obtenu dans chaque usine.	TENEUR en argent.
Commern.	Bleyberg (grand-duché du Rhin)	1827	Fonte, au demi-haut-fourn., d'un minerai particulier de galène, nommé *Knotten*.	0,00004
Plage d'Adra.	Sierra de Gador (Espagne).	1833	Fonte, au fourneau à réverbère anglais, par le procédé du Flintshire, des galènes de la *Loma del Sueño*.	0,00005
Alqueria.	*Id.*	1833	Fonte, au fourneau à manche, de menus de mine, grillés par le procédé de M. Tarraillon.	0,00008
Dalias.	*Id.*	1833	Fonte, au fourneau à réverbère espagnol, avec des combustibles herbacés, d'une galène provenant de l'une des mines de la *Loma del Vicario*.	0,00012
Newcastle.	Northumberland.	1836	Beaucoup de plombs apportés dans cette usine, de diverses localités, pour être fondus par le pr. de M. Pattinson.	0,00013
Bagill Hall.	Flintshire (nord du pays de Galles).	1836	Fonte des galènes du Flintshire, dans un fourneau à réverb., par le pr. du pays.	0,00016
Rookhope Mill.	Weardale (Northumberland).	1836	Beaucoup de plombs préparés à la limite du Cumberland et du Northumberland, au fourneau écossais ; les seuls qui fussent traités pour argent avant la découverte de M. Pattinson.	0,00024
Fraumarien Saiger Hütte.	Ockerthall (Bas-Hartz).	1829	Fonte, au demi-haut-fourn., des galènes grillées du Rammelsberg.	0,0008
Herzog Julius Hütte.	Hartz occidental.	1828	Ensemble des plombs d'œuvre coupellés en 1828, et préparés avec les minerais du Rammelsberg, comme ceux de *Fraumarien*.	0,0009
Frau Sophien Hütte.	*Id.*	1828	*Id.*	0,0009
Lautenthall.	*Id.*	1828	Ensemble des plombs coupellés en 1828, et provenant de la réduction, au demi-haut-fourneau, des *schlichs* de galène, au moyen de la fonte de fer.	0,0010

NOM DE L'USINE.	PROVINCES où elles sont situées.	Année à laquelle se rapportent les renseignem.	MODE DE PRÉPARATION ET ORIGINE DES PLOMBS obtenus dans chaque usine.	[illegible] en argent.
Franckenscharner Hütte.	Hartz occidental.	1829	Réduction de la galène, au haut-fourneau, au moyen de la fonte de fer.	0,0018
Alsau.	Gr.-duché du Rhin.	1829	Fonte, au four à réverbère, des des galènes d'Angsbach, mélangées de cendres d'orfèvre, suivant le procédé usité en 1829.	0,001[4]
Lauthenthall.	Hartz occidental.	1829	Plomb obtenu dans la liquation du cuivre argentifère.	0,0015
Victor Friedrichs Hütte.	Hartz oriental.	1829	Réduction de la galène au haut-fourneau, au moyen de la fonte de fer.	0,0015
Andreasberg.	Hartz central.	1828	Plombs coupellés en 1828, provenant de l'ensemble des opérations très-compliquées qui ont lieu dans cette usine.	0,0017
Victor Friedrichs Hütte.	Hartz oriental.	1829	Fusion de la 2e matte de plomb grillée, au fourneau à manche.	0,0016
Hechstadt Saiger Hütte.	Duché de Mansfeld	18[illegible]	Liquation des cuivres argentifères, préparés à l'usine de Leimbach.	0,0019
Victor Friedrichs Hütte.	Hartz oriental.	1829	Fusion, au fourneau à manche, de la 4e matte de plomb grillée.	0,0019
Id.	*Id.*	1829	Fusion, au fourneau à manche, de la 6e matte de plomb grillée.	0,001
Pontgibaud.	Puy-de-Dôme.	1835	Fusion des galènes grillées, au fourneau à manche.	0,001
Poullaonen.	Finistère.	1835	Fusion des minerais, au four à réverbère, par les procédés de Savoie et du Dauphiné. — Fusion des mattes, des crasses et des terres rouges, au fourneau à manche.	0,000
Viallas et Villefort.	Lozère.	1835	Fusion de la galène grillée, au fourneau à manche.	0,00
Andreasberg.	Hartz central.	1829	Fonte riche extraordinaire de minerais d'argent triés, faite, pour essai, en 1829.	0,03

Les résultats relatifs aux usines espagnoles se rapportent à des échantillons isolés que j'ai recueillis moi-même dans ces usines, et sont loin d'avoir la même valeur que les autres données qui s'appliquent généralement à l'ensemble des plombs préparés dans une même usine pendant une longue période. Ils rendent très-probable néanmoins la supposition que plusieurs variétés des plombs exportés en si grande quantité des côtes de Grenade, atteignent la teneur en argent pour laquelle la nouvelle méthode d'affinage peut être appliquée avec profit. La connaissance de cette découverte ne paraît donc pas devoir être sans importance pour une contrée d'où l'on extrayait annuellement, à l'époque où je la visitai, l'énorme quantité de 50.000.000 kilogr. de plomb.

En Angleterre, la méthode nouvelle produit en ce moment des résultats fort avantageux, eu égard surtout à l'importance des masses auxquelles cette méthode peut être appliquée. En 1828, la quantité de plomb extraite annuellement des mines des îles britanniques s'était élevée graduellement à 47.000 tonnes (1). Restreinte presque à moitié, en 1832, par la concurrence des mines de la Sierra de Gador, la production anglaise a recommencé à croître en 1833 : l'année dernière l'industrie du plomb, alors en plein progrès, a produit 35.000 tonnes, dont la moitié

(1) Les renseignements relatifs à la production du plomb et de l'argent en Angleterre, sont extraits de notes que j'ai recueillies en août dernier à Bristol, pendant une lecture faite par M. John Taylor à la section de statistique de l'association britannique. M. J. Taylor est l'homme d'Angleterre le mieux informé à ce sujet, et surtout le mieux

est facile d'apprécier. Lorsqu'une industrie est répandue sur la surface entière d'un pays et est devenue une branche importante d'activité pour ses habitants, cette industrie ne peut être anéantie subitement par une grande calamité ou par le développement rapide d'une industrie rivale à l'étranger. L'instinct public, excité par un intérêt puissant, suggère bientôt les mesures de conservation : beaucoup de fabriques peuvent souffrir ou suspendre leurs travaux, mais il reste toujours alors un centre d'activité, dans lequel se conservent les traditions industrielles, et duquel part l'impulsion, qui rétablit l'ancien état de choses, dès que le moment de crise est passé. Tel est le tableau qu'ont présenté les exploitations de plomb en Angleterre pendant la crise commerciale de 1828 à 1833. L'histoire de l'industrie du fer en France offre encore un exemple frappant de cette vérité. Lorsqu'en 1815 les anciennes relations commerciales eurent été rétablies en Europe, il se trouva que la fabrication du fer en Angleterre avait sur la fabrication française une supériorité qui rendait toute concurrence impossible. L'industrie française eût été anéantie sans les mesures d'urgence qui furent adoptées depuis cette époque, et celles-ci n'eussent certainement pas été prises si elles n'eussent concerné un nombre considérable d'usines liées intimement au progrès de notre richesse agricole. La France serait aujourd'hui privée d'une industrie qui produit annuellement une valeur de 120 millions de francs, et elle n'aurait eu aucun moyen de se préserver des effets d'une révolution commerciale, qui lui aurait fait payer, en 1836, le fer étranger plus cher que celui qui lui a été fourni par ses propres usines.

Malheureusement la France n'a point été aussi heureuse en ce qui concerne la fabrication du plomb, qui semble n'y avoir jamais eu une importance comparable à celle du fer. Plusieurs exploitations, autrefois très-productives, ont été abandonnées par diverses causes autres que l'épuisement des gîtes et n'ont point été depuis lors remises en activité. La baisse extraordinaire de 1829 et des années suivantes a anéanti toutes les exploitations qui avaient survécu aux crises précédentes, mais qui ne tiraient pas de l'argent leurs principaux bénéfices; si même l'industrie du plomb n'a point complétement disparu du territoire français pendant cette malheureuse période, il faut en rendre grâce au talent et à la persévérance des directeurs et des propriétaires des usines qui ont subsisté.

Aujourd'hui les circonstances sont redevenues aussi favorables qu'elles l'ont jamais été : la valeur des plombs est à peu près rétablie aux anciens cours, et il est probable que les fabricants espagnols, avertis par une baisse immodérée dont ils ont été eux-mêmes les victimes, s'entendront, comme ils le font depuis trois ans, pour prévenir le retour d'une nouvelle dépréciation de prix (1). Il est donc temps que les capitalistes français,

(1) Cette dépréciation ne serait imminente que dans le cas où les fabricants anglais tenteraient, à la faveur des prix actuels, de se présenter de nouveau sur les marchés qui sont acquis, depuis 1832, aux fabricants espagnols. Il est probable que cette faute ne sera pas commise; car la supériorité de la fabrication étant du côté des Espagnols, la baisse serait toujours en définitive funeste à la fabrication anglaise.

qui se sentent animés de cet esprit de suite et de persévérance, sans lequel on ne peut réussir en industrie minérale, dirigent leur attention vers l'exploitation de nos gîtes de plomb. Il y a lieu d'espérer que l'administration des mines se trouvera bientôt en mesure de signaler à l'attention publique beaucoup de gisements de ce métal, abandonnés ou encore intacts, qui présentent des apparences de succès dignes au moins d'un examen sérieux. La découverte de M. Pattinson vient ajouter une nouvelle chance de réussite aux entreprises de cette nature, et j'ai pensé qu'en pareille circonstance la description de la méthode qu'il a répandue en Angleterre présenterait à l'industrie française quelque chose de plus qu'un intérêt purement scientifique.

Enfin, la possibilité de traiter pour argent avec profit des plombs qui contiennent seulement 0,00008 de ce métal, donnera lieu sans doute à d'utiles spéculations sur beaucoup de plombs circulant aujourd'hui dans le commerce (1), et dont on pouvait, économiquement parlant, extraire l'argent par le procédé de la coupellation. C'est ainsi, par exemple, que la haute teneur en argent de quelques variétés de plombs d'Espagne me paraît digne d'exciter l'attention des négociants français qui font le commerce du plomb sur les côtes de Motril, d'Alméria, de Roquetas et d'Adra.

---

(1) Des essais récents ont prouvé qu'il existe en ce moment, à l'entrepôt de Paris, des plombs espagnols tenant 0,0040 d'argent.

MÉMOIRE

Sur le transport intérieur dans les mines de houille de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier;

Par M. GERVOY, Ingénieur des mines.

Les mines de l'arrondissement de Saint-Étienne présentent une très-grande variété dans le transport intérieur. On y emploie comme moteurs l'homme, le cheval, le bœuf, le mulet, l'âne et les machines à vapeur. Les voies de transport sont le sol des galeries et diverses espèces de chemins de fer, de bois et de pierre.

Dans la première partie de ce mémoire on considérera l'emploi des moteurs sur le sol des galeries. La seconde a pour objet les voies perfectionnées. C'est seulement sur ces dernières que les machines à vapeur servent quelquefois au transport intérieur.

PREMIÈRE PARTIE.

TRANSPORT SUR LE SOL DES GALERIES.

§ I. *Transport par hommes.*

L'homme est employé comme *porteur*, comme *traîneur* et comme *brouetteur*. Dans tous les cas, il est tenu de faire un certain nombre de voyages dans sa journée, qui est de 8 à 9 heures. Ce sont en général des jeunes gens de 16 à 26 ans qui

travaillent de cette manière. Ils gagnent moyennement 2 fr. 50 c. par jour.

Des porteurs. Les porteurs transportent la houille à dos dans des sacs qu'ils tiennent d'une main ; l'autre main s'appuie sur un bâton et porte la lampe. Ce travail est très-fatigant.

Le tableau ci-dessous donne les résultats de ce mode de transport dans diverses circonstances. Les produits des poids par les hauteurs verticales ne s'y trouvent pas indiqués, la plupart des chemins parcourus étant en partie horizontaux. J'ai comparé les divers modes de transport, en prenant pour unité *le kilogramme transporté à un kilomètre*, cette distance étant comptée sur les galeries parcourues.

NOMS des MINES.	Distances.	Inclinaisons.	Charges en houille.	Voyages.	Transport (kilog. transp. à 1 kilom.).	OBSERVATIONS. Hauteur des galeries.	OBSERVATIONS. ÉTAT des chemins.
	m.	degres.	kilog.			pieds.	
Monrambert. . .	150	45 sur 100m 0 sur 50m	40	32	192	5	bon chemin.
Quantin..	64	40 sur 48m 0 sur 16m	50	62	198	4	assez bon ch.
Charles.	66	5	50	6	198	6	mauvais chem.
Palle.	130	8	50	32	208	5	mauvais chem.
Salomon.	80	26 sur 50m 0 sur 30m	55	50	220	5	assez bon ch.
Palle.	80	0	60	60	240	4	mauvais chem.
Brulé.	120	—13	53	40	254	6	assez bon ch.
Breuil.	54	9	60 à 75	80	289	à ciel ouv.	très-mauv. ch.
Roche-la-Molière.	45	±20 s. 24m 0 s. 21m	50	135	304	5	très-bon chem.

Ces divers exemples conduisent aux résultats suivants :

1° La charge ordinaire des porteurs est de 50 kilogrammes. Elle est de 40 kilogrammes dans les montées les plus inclinées et les plus longues. Elle ne dépasse jamais 75 kilogrammes, même à ciel ouvert, comme dans la mine du Breuil.

2° La pente maximum que l'on fait remonter aux porteurs est de 45 à 50 degrés. Dans ces grandes pentes il faut absolument disposer les galeries en escaliers à l'aide de buttes. Pour des pentes plus faibles, il vaut encore mieux avoir des escaliers qu'un plan incliné continu. Une pente descendante au-dessous de 13° favorise le transport; au delà elle est moins avantageuse qu'un chemin de niveau, et quand elle dépasse 20°, le transport à la descente est au moins aussi pénible que s'il fallait la remonter.

Les galeries doivent avoir au moins 4 pieds de hauteur. Leur largeur peut n'être que de 2 pieds. Le sol peut être très-mauvais, pourvu que la lampe éclaire bien.

3° Il est plus avantageux d'avoir des distances peu considérables, 40 à 50 mètres par exemple, à cause de la grande fatigue. La difficulté de charger le porteur ne permet pourtant pas d'établir de relais.

4° Suivant ces diverses circonstances, le chiffre du transport varie de 190 à 304 kilog. transportés à 1 kilomètre. Ce dernier chiffre s'obtient à Roche-la-Molière, sur des montées et des descentes inclinées de 20° et faisant communiquer les tailles avec les galeries de roulage.

Ce genre de transport est en général celui qui donne le moindre effet utile. Il est aussi le moins expéditif. Aussi on y a renoncé à mesure que les exploitations ont pris plus d'étendue et de régula-

rité. Il a complétement disparu dans les grandes mines de Rive-de-Gier. Aux environs de Saint-Étienne, il sert encore à l'extraction par fendues et dans des chemins trop roides, trop sinueux ou trop peu étendus pour admettre les autres modes de transport.

Des traîneurs. Les traîneurs s'attèlent à une benne à l'aide de bricolles. Le volume ordinaire de cette benne est de 1 $\frac{1}{3}$ à 1 $\frac{1}{2}$ hectolitre. Elle pèse environ 33 kilogrammes, et coûte 18 fr., dont 4 fr. 50 c. pour le bois, et 13 fr. 50 c. pour les ferremens, façon comprise.

Voici quels sont les résultats de ce mode de transport :

NOMS des MINES.	Distances.	Inclinaisons.	Charges en houille.	Voyages.	Transport (kilog. transp. à 1 kilom).	OBSERVATIONS.
	m.	degrés.	kil.			
Les Pêcheurs. . .	60	0	60	56	201	Galeries de 2 1/2 pieds.
Couzon.	62	0	80	50	248	Galeries de 3 pieds.
La Chana	102	16 sur 85m 0 s. 17m	110	35	393	Galeries de 5 pieds. Mauvais chemins.
La Roche.	210	12 s. 47m 0 s. 163m	90	28	529	Galeries de plus de 5 pieds. Chemins à divers états d'entretien.
Le Brulé.	140	—14	120	32	538	
La Chaux	150	6	130	35	663	
Soleil.	197	0	119	30	703	
Le Brulé.	200	0	120	80	720	
Gagnepetit. . . .	150	—6	110	44	726	
Genets.	120	0	115	55	759	
Charles.	125	—6	160	40	800	
Soleil.	225	0	119	30	803	
Côte-Thiolière. .	178	0	123	37	810	
Treuil.	150	0	120	50	900	Galeries de 4 1/2 pieds. Chemins excellents. Transport à l'entreprise.
Id.	100	0	120	85	1020	

Ces divers exemples conduisent aux résultats suivants :

1° La charge des traîneurs, indépendamment du poids de la benne, est de 60 à 80 kilogrammes dans des galeries de moins de 3 pieds de hauteur. Elle est au maximum de 160 kilogrammes dans des galeries hautes et en bons chemins descendant de quelques degrés. La charge ordinaire correspondante à de bons chemins à peu près de niveau, est de 120 kilogrammes.

2° Habituellement la pente des galeries de trainage ne dépasse pas 16°. Il faut même, dès qu'elle est au-dessus de 12°, que le traîneur soit aidé par un enfant pousseur.

La hauteur des galeries peut n'être que de 2 $\frac{1}{2}$ à 3 pieds pour des jeunes gens de petite taille, et ils font alors peu de besogne. Il faut à peu près 4 $\frac{1}{2}$ pieds pour commencer à travailler à l'aise. La largeur des galeries doit être d'environ 3 $\frac{1}{2}$ pieds au moins pour que les bennes se croisent.

3° Le traîneur ayant plus de facilité que le porteur pour se reposer, il n'est pas aussi utile que les distances soient courtes. Les distances les plus convenables paraissent être d'environ 100 mètres.

4° L'effet utile de ce mode de transport varie beaucoup suivant les circonstances. Dans les mines très-basses, il est de 200 à 250 kilogrammes transportés à 1 kilomètre. Dans les mines hautes, il varie de 400 à 1.020. Mais ce dernier chiffre et le chiffre 900, qui appartiennent à la mine du Treuil, sont des résultats particuliers sur lesquels il ne faudrait pas compter habituellement. Dans cette mine les traineurs font en commun le transport à l'entreprise, et leur journée est plus longue d'une ou deux heures que dans les autres mines.

En mettant de côté ces deux exemples, le chiffre du traînage par hommes dans les mines hautes varie de 400 à 800. A la mine de Côte-Thiolière, où les chemins sont très-bien entretenus, c'est sur ce dernier chiffre qu'on règle le nombre des voyages des traîneurs quand les distances viennent à changer, pourvu que les galeries soient de niveau. Comme ils ont souvent à parcourir des remontées de 13°, on ramène ces galeries au cas où elles seraient de niveau, en leur comptant une longueur triple, et sans tenir compte des pousseurs qui servent de renfort dans ces galeries.

Des brouetteurs. Les brouettes ne sont pas employées maintenant dans les mines de la Loire. Mais, en 1828, 20 brouetteurs ont fait le service de la mine Jamin à Rive-de-Gier. Chacun d'eux menait une charge de 100 kilogrammes à 200 mètres de distance moyenne, et faisait 36 voyages, sans relais et sans rouler sur des plateaux. L'effet utile était ainsi de 720 kilogrammes transportés à 1 kilomètre.

Ce travail, comparé à celui des traîneurs, qui faisaient ce service auparavant, donnait une économie d'un quart et s'effectuait plus rapidement. On allait se servir de plateaux et diviser la distance de 200 mètres en 3 relais, ce qui eût encore amélioré ce transport, lorsqu'on prit le parti de remplacer les hommes par des chevaux.

Pour n'avoir pas à revenir sur les brouettes en parlant des voies perfectionnées, je rappellerai qu'on a proposé de les faire marcher dans les mines sur un rail en fer posé de champ sur de petites traverses. Avec un chemin de ce genre, un terrassier mène, dit-on, 300 kilogrammes au lieu de 100, et fait trois fois plus d'ouvrage que par la

méthode ordinaire. Ce système, qui a dans tous les cas l'inconvénient de gêner le brouetteur dans sa marche, ne me paraît pas devoir être préféré dans les mines. Outre que les dimensions à donner à la brouette pour porter 300 kilogrammes de houille seraient embarrassantes dans la plupart des galeries, le chemin ne pourrait suivre le pied des tailles. Si on voulait disposer la roue de manière à ce qu'elle roulât sur le sol depuis la taille jusqu'au rail, on ne pourrait lui donner une charge triple, le sol présentant un chemin encore plus difficile là qu'ailleurs. Cet inconvénient existe aussi, il est vrai, pour les chemins de fer, mais à un degré beaucoup moindre, parce que habituellement le chariot ne fait que porter les bennes qui arrivent des tailles, et parce que, d'ailleurs, les avantages d'une voie perfectionnée sont d'autant plus grands dans les mines qu'elle est destinée à des convois plus considérables. Il vaudrait donc mieux, ou établir un chemin de fer ordinaire à deux rails et y placer des chars, ou, si la galerie était trop étroite, faire rouler des brouettes sur des plateaux.

D'après ce qui précède, les brouettes donnent un effet utile supérieur à celui du traînage, et par suite elles conviennent mieux dans la plupart des mines. Mais dans les mines de houille cet avantage est en général peu important, relativement au déchet qui résulte du déchargement forcé des brouettes au bas du puits, tandis qu'on peut élever une ou plusieurs bennes de traînage sans les décharger (1).

(1) Le prix de la houille à la bouche d'un puits varie en général de 1 à 3, suivant qu'elle est menue ou grosse.

§ II. *Transport par les animaux.*

Des chevaux. Ce n'est que depuis 1821 que l'on se sert de chevaux dans l'intérieur des mines de la Loire, et on en compte maintenant 250 employés de cette manière, sans parler de ceux qui travaillent au jour.

Ces chevaux sont de deux espèces : 1° des chevaux ordinaires de 1m,50 de taille, du prix de 4 à 800 fr., tirés ordinairement de la Suisse ou du Berry. Leur dépense journalière, achat compris, est d'environ 4 fr.; 2° de petits chevaux de mon-

---

De là l'inconvénient qui résulte spécialement pour la houille d'être transbordée, et que l'on doit avoir surtout en vue dans l'établissement d'un transport intérieur pour cette matière.

A Saint-Etienne les bennes contiennent en général 120 à 240 kilogr. suivant qu'elles sont traînées par des hommes ou par des chevaux. Ces mêmes bennes sont élevées dans le puits au nombre de deux, suspendues l'une à côté de l'autre ou l'une à la suite de l'autre. Au Treuil même on en a élevé trois de cette seconde manière. La houille se trouve ainsi transportée dans le même vase depuis les tailles jusqu'au jour. Souvent même on les vide immédiatement dans les waggons.

A Rive-de-Gier, où les puits sont beaucoup plus profonds, ordinairement 200 et même 370 mètres, on a continué à transborder au bas du puits, comme on était obligé de le faire avant d'avoir de bonnes machines d'extraction et des chevaux traînant de grosses bennes. Celles-ci contiennent en général 200 kilogr., et la grande benne du puits contient 480 à 800 kil. Ce système de transbordement est évidemment vicieux, et il vaudrait mieux élever ensemble 2, 3 et même 4 bennes de traînage, en plaçant les poulies à une dizaine de mètres au-dessus du seuil du puits. Ces petites bennes donneraient aussi moins de déchet en se vidant au jour.

tagne, de 1^{m},36 de taille, et coûtant moyennement 300 fr. On les tire du Vivarais et du Velay. Ceux de la Corse et des Landes conviennent aussi très-bien à cet usage; ils coûtent 3 fr. par jour, achat compris. Il faut ajouter dans les deux cas 1 fr. à 1 fr. 50 c. pour salaire du toucheur.

Les petits chevaux présentent de grands avantages, d'abord en ce qu'ils coûtent moins, quoiqu'ils fassent avec de moindres charges la même quantité de transport, et même plus vite que les autres. Ils sont bien moins délicats et moins énervés par la chaleur et le mauvais air. Enfin, ils passent presque partout où des hommes peuvent marcher.

Les gros chevaux conviennent spécialement pour un tirage rendu pénible par la pente ou le mauvais état des galeries, lorsque d'ailleurs les bennes doivent avoir une contenance déterminée, et aussi dans les descentes où on emploie le poids des chevaux pour remonter les bennes, ainsi qu'on le verra plus loin.

Ces animaux sont introduits dans la mine de la manière suivante. On place sur le cheval un filet de cordes, qui l'enveloppe de manière à ce qu'il soit assis sur sa croupe lorsque le filet sera suspendu par ses cordes principales au câble du puits. Après lui avoir bouché les yeux, on attache à ses pieds des manchons en cuir, garnis d'anneaux. On fait passer une corde dans ces quatre anneaux et on la tire brusquement, de manière à étourdir le cheval et à le faire tomber sur un lit de paille. Alors les pieds étant réunis et étant liés ainsi que la tête aux cordes principales du filet, on attache celles-ci au câble du puits, et le cheval descend

jusqu'à la recette, où il est recueilli. Au besoin, on le remonte de la même manière.

On ne fait sortir les chevaux de la mine que quand leur santé l'exige. Leur écurie est placée dans le voisinage du puits, à côté du chemin d'air. Ils passent ainsi plusieurs années de suite, et ils y deviennent presque toujours plus gras et plus beaux; seulement leur vue s'affaiblit, ils sont plus sujets à la morve, surtout quand ils sont soumis à des changements brusques de température. L'humidité du sol tend aussi à ulcérer leurs pieds; aussi il convient, comme on l'a fait à Côte-Thiolière, d'établir un plancher sur le sol de leur écurie.

Ces animaux deviennent d'ailleurs dans les mines d'une intelligence et d'une docilité remarquables. Un assez grand nombre d'entre eux sont aveugles, et font leur service sans qu'on ait besoin de les guider à la main.

Les chevaux sont attelés ordinairement à une benne à laquelle les deux traits sont attachés. Il vaut mieux, pour qu'elle ait plus de stabilité, lier les deux traits à un bâton, dont le milieu porte un crochet qui s'attache à l'avant de la benne. Celle-ci contient habituellement 200 à 240 kilogrammes. Elle est ferrée très-solidement, et pèse environ 80 kilogrammes. Son prix est de 30 à 33 fr. C'est ce qui a lieu à Rive-de-Gier, où les chevaux prennent la houille au pied même des tailles. Mais à Saint-Étienne on emploie souvent à la fois des traîneurs et des chevaux, en ne faisant parcourir à ceux-ci que les grandes voies de roulage. Alors on attèle un cheval à deux bennes de traîneurs, contenant chacune environ 120 kilogrammes; il les traîne à la suite l'une de l'autre si les

galeries sont étroites, ou plus souvent de front. Ce dernier mode se prête mieux aux tournants, et donne plus de stabilité aux bennes.

Le tableau suivant présente les résultats de ce mode de transport.

NOMS DES MINES.	Distances.	Inclinaisons.	Charges en houille.	Voyages.	Transport (kilogr. transp. à 1 kilomètre).	OBSERVATIONS
	mètr.	degrés.	kilom.			
Martoret. . . .	100	0	200	36	720	Mines du bassin de Rive-de-Gier, à sol mobile, dont les chemins sont en général assez mauvais et mal airés.
Id.	200	0	200	22	880	
Id.	300	0	200	19	1140	
Grande-Croix..	150	—3	200	31	930	
Id.	200	—5	200	28	1120	
L'Espérance. .	100	0	240	40	960	
Salomon. . . .	160	0	220	50	1760	Mines de Saint-Etienne, mieux airées et à chemins meilleurs que les précédents.
La Chana. . .	230	—3	220	35	1771	
Côte-Thiolière.	215	2	240	36	1858	
Id.	230	2	240	34	1877	
Brulé..	150	—3	450	28	1890	
Gagnepetit. . .	150	—6	440	32	2112	
Id.	350	—6	440	18	2772	

Ces chiffres de transport présentent de très-grandes différences. Cela tient à ce que les premiers sont pris dans des mines de Rive-de-Gier, qui en général sont mal airées, et où la mobilité du sol ne permet pas d'avoir des chemins en très-bon état. Pour des mines de ce genre il ne faut compter que sur 700 à 1.200; pour les autres, qui sont beaucoup mieux partagées sous ces deux rapports, on peut obtenir 1.700 à 2.800 en chemins de niveau ou sur des descentes douces.

Ces résultats montrent combien on gagne à airer les travaux et à avoir de bons chemins. Dans les grandes mines il y a des cantonniers chargés

uniquement de l'entretien des galeries. Pendant les intervalles du traînage ils bouchent les ornières au moyen de schistes pilés, qui constituent la voie. Cette poussière, arrosée de temps en temps et fortement damée, présente une surface très-lisse.

J'ai fait quelques expériences dans diverses mines pour estimer le frottement des bennes sur le sol des galeries. Je me suis servi d'un petit dynamomètre très-sensible, et pour n'avoir pas à m'occuper de l'inclinaison des galeries sur lesquelles j'opérais, je prenais la moyenne des efforts de tirage à la remonte et à la descente, quand le mouvement était à peu près uniforme. Les coefficients ont varié suivant l'état des chemins de 0,27 à 0,41. Habituellement on obtient à peu près 0,32.

Un fait essentiel qui ressort du tableau précédent, c'est que le transport du cheval augmente beaucoup avec la distance qu'il parcourt; ainsi, par exemple, à la mine du Martoret, le transport augmente de plus de moitié pour une distance triple. Cela tient à ce que le stationnement dans les recettes et dans les tailles, et la difficulté de s'y tourner, font perdre aux chevaux une grande partie de leur effet utile. Aussi on n'emploie nulle part les chevaux pour des distances moindres que 100 mètres. L'effet utile, à partir de là, dépasse celui de deux traîneurs, et pour des distances au delà de 300 mètres, on regarde généralement qu'un cheval équivaut à 3 ou 4 traîneurs en ne coûtant guère que comme deux.

Il y a donc, dans l'emploi des chevaux sur des distances convenables, économie de frais de traction. Un second avantage capital, c'est qu'il est

plus expéditif et permet une extraction journalière plus considérable (1); souvent même dans ce but les chevaux vont au trot, malgré la diminution d'effet utile due à cette allure. Car c'est presque toujours le transport intérieur qu'on a peine à faire marcher de front avec les autres parties de l'exploitation.

On peut, dans certains cas, diminuer l'inconvénient des petites distances, en faisant en sorte que

---

(1) C'est en effet vers une grande extraction produite par le plus petit nombre de puits que l'on doit tendre, les frais généraux étant à peu près les mêmes pour une grande et une petite extraction. Il est reconnu qu'à Saint-Étienne un puits produisant moins de 200 à 300 quintaux métriques est en perte. Les bénéfices augmentent ensuite rapidement, en sorte qu'un puits donnant 800 quintaux par jour produit en général un bénéfice d'au moins 30.000 fr.

Le maximum d'extraction d'un puits a été jusqu'à présent de 1.500 quintaux métr., en extrayant nuit et jour. On a atteint ce chiffre pendant deux années au puits neuf de la Grande-Croix, profond de 120 mètres, et tout récemment au puits de l'Espérance et au puits Charrin, profonds d'environ 175 mètres. Sauf le cas d'une profondeur dépassant 300 mètres, cela dépend généralement du nombre de recettes dans le puits, du système plus ou moins actif de transport intérieur, et du temps pendant lequel l'extraction est interrompue pour l'eau à épuiser et pour les réparations à faire; ce qui exige toujours, même dans une mine sèche, au moins 3 ou 4 heures, y compris le temps de la descente des ouvriers.

Ordinairement l'extraction n'a lieu que pendant le jour et n'occupe qu'un poste d'ouvriers. Elle donne alors, pour une seule recette intérieure, au maximum, 900 quintaux métriques. Au moyen de deux recettes aboutissant à deux couches différentes, on obtient actuellement au puits de Côte-Thiolière 1.300 quintaux métriques, avec un transport intérieur par chevaux de montagne parfaitement établi.

le cheval, après avoir laissé sa benne à l'entrée de la recette, marche vers un chantier situé dans le prolongement de la ligne qu'il vient de parcourir.

Malgré l'avantage résultant des grandes distances, sous le rapport de l'effet utile du cheval, il y a évidemment une limite au delà de laquelle on ne peut aller avec économie. La plus grande distance à laquelle on soit allé avec des chevaux sur le sol des galeries, a été de 450 à 500 mètres, et on regarde généralement, même à Rive-de-Gier, où les puits ont ordinairement 200 mètres de profondeur, qu'au delà de 4 à 500 mètres de distance il convient de creuser un nouveau puits.

Cependant, outre les éléments qui entrent habituellement dans une semblable détermination, les mines de houille de la Loire sont dans des circonstances particulières qui peuvent quelquefois reculer cette limite. C'est ce qui arriverait si le puits existant se trouvait sur un des chemins de fer du pays, et si le puits à percer s'en trouvait éloigné. C'est en effet la considération la plus importante pour une mine de houille, une distance de quelques centaines de mètres à parcourir en voitures ordinaires pour arriver à un chemin de fer donnant lieu à des frais et à un déchet qui augmentent souvent de plus de 15 pour cent le prix de la houille (1).

(1) C'est par ce motif que des exploitants ayant des puits placés sur le chemin de fer vendent la houille plus cher aux marchands en gros de Lyon et du Midi, qu'à des acheteurs en détail de Saint-Etienne. Cela tient à ce que ceux-ci peuvent indifféremment aller avec leurs charrettes à tel ou tel puits situé ou non sur le chemin de fer, tandis que

L'emploi des chevaux dans les galeries exige qu'elles aient au moins 1^{m},60 de hauteur pour les chevaux ordinaires, et 1^{m},40 pour les petits chevaux. La largeur à donner aux galeries dépend de celle des bennes. Celles-ci ayant ordinairement 0^{m},65 de largeur, les galeries peuvent n'avoir que 1^{m},60, ou seulement 1 mètre, suivant que les rencontres doivent avoir lieu, partout ou seulement en quelques points. Le sol doit toujours être tenu en bon état, mais plutôt pour les bennes que pour les chevaux, ceux-ci pouvant marcher partout, pourvu que le sol ne soit pas trop glissant.

On peut fixer à 13° le maximum des montées pour les chevaux avec la benne de 200 à 240 kilogrammes. Par suite, quand la couche est plus inclinée, on réduit à 13° la pente des traverses, en ayant soin de tronquer les angles aigus des piliers. Si le chemin à parcourir se compose de galeries montantes et de galeries de niveau, il est très-avantageux de les faire alterner, de manière à faire varier aussi souvent que possible l'effort de traction (1).

Si la pente dépasse 13° sans excéder 40°, il faut au contraire opérer la remonte d'une manière continue. On attèle le cheval à une ou plusieurs bennes par une corde passant sur une poulie placée au som-

---

les marchands de Lyon sont obligés par leur intérêt même d'acheter seulement aux mines placées sur le chemin, lors même que les prix y sont beaucoup plus élevés qu'ailleurs.

(1) On remarque de même, que, sur les chemins de fer où la traction est uniforme, les chevaux, à égalité de tirage moyen et de vitesse, s'usent beaucoup plus rapidement que sur les routes.

met de la montée. Alors le cheval en descendant fait monter les bennes pleines, et entraîne les bennes vides, attachées derrière lui à la même corde. Il remonte ensuite à vide. Ce système, très-facile à établir, fait agir le cheval par son poids, et donne de très-bons résultats. Il est reconnu qu'un cheval, employé de cette manière sur une pente de 30 à 40°, équivaut à au moins 3 chevaux qui la remonteraient, et fait à peu près le même transport que s'il tirait sur un chemin de niveau. Ainsi, à la Grande-Croix, dans un chantier très-chaud, un cheval élève une à une 90 bennes de 200 kilogrammes, sur une rampe longue de 50 mètres et inclinée de 40°; ce qui donne 900 kilogrammes transportés à 1 kilomètre, et correspond à 577.000 kilogrammes élevés verticalement à 1 mètre.

Dans les pentes plus fortes, les chevaux agissent par l'intermédiaire d'une machine à molette, ordinairement établie sur le côté de la rampe. Habituellement on a alors un chemin de fer pour régulariser l'action du cheval et éviter le renversement de la benne; mais cela n'est pas indispensable. Si la galerie est assez large, on fait descendre les bennes vides en même temps que les pleines montent. Sinon, la montée et la descente ont lieu l'une après l'autre. Alors, pendant la descente, il faut, dans les vargues ordinaires, que le cheval tourne en sens contraire pour dérouler la corde, et que l'on fasse agir un frein pour qu'il ne soit pas blessé par le bras du manége. M. Marsais a construit à la mine de la Ricamarie, un vargue intérieur qui n'a pas cet inconvénient. L'arbre en fonte (*Pl. XI, fig. 1*), qui porte le tambour, peut tourner indépendamment du bras du manége. Celui-ci est lié à deux mâchoires en fonte allé-

sées, qui embrassent une partie tournée de l'arbre sans la serrer, et il repose par un tasseau sur une couronne en bois fixée à l'arbre. Le bras peut être lié à la couronne par une chaîne. Voici alors ce qui arrive. Quand le cheval doit élever les bennes pleines, on attache la chaîne à la couronne, et tout le système tourne en même temps. Lorsque les bennes vides doivent descendre, on décroche la chaîne, et alors le tambour et la couronne tournent avec l'arbre indépendamment du bras. Celui-ci forme alors frein au moyen du tasseau, et le conducteur peut en varier l'effet en pesant dessus; de cette manière la descente se fait très-vite et sans fatigue.

Quelquefois le vargue exécutant le transport intérieur est placé à l'orifice même du puits. L'un des puits du Coin a un vargue de ce genre indépendamment de celui qui sert à l'élévation au jour. Ces deux vargues sont placés à angle droit l'un de l'autre, et les 4 cordes fonctionnent ensemble assez librement dans le puits, quoiqu'il n'ait pas plus de 8 pieds de diamètre.

Quant aux descentes, le cheval ne doit pas traîner, en descendant une pente de plus de 15°; cette pente est à peu près celle où les bennes descendent seules et pourraient le blesser.

Des bœufs. Le transport intérieur par bœufs a été employé pour la première fois dans la Loire en 1833, aux mines du Cros et de la Grande-Croix. Il n'a lieu que sur le sol même des galeries. Le bœuf est attelé avec un collier comme le cheval. On l'introduit dans la mine de la même manière.

Au Cros, 3 bœufs traînent chacun 4 bennes rangées sur deux rangs, et contenant ensemble

480 kilogrammes de houille. Le bœuf les conduit à 270 mètres de distance, sur une descente de 5°, et fait 15 voyages par jour, ce qui fait 1.944 kilogrammes transportés à 1 kilomètre.

Les chevaux employés auparavant dans cette mine ne donnaient qu'un transport à peu près égal, et, d'un autre côté, les bœufs présentent aux exploitants les avantages suivants : 1° les frais d'achat du bœuf ne sont que moitié de ceux du cheval, et si le bœuf éprouve quelque accident, on le vend avec d'autant plus de facilité, que la vie des mines les engraisse beaucoup ; 2° les bœufs ne mangent pas d'avoine et ne consomment guère plus de foin et de son que les chevaux, ce qui, aux prix habituels du pays, fait une différence de 0 fr. 30 c. à 0 fr. 50 c. par jour ; 3° le ferrage et le bourrelage des bœufs est moins cher ; 4° les bœufs sont plus robustes et demandent moins de soins que les chevaux.

A la mine de la Chana, un bœuf traîne deux bennes, contenant ensemble 440 kilogrammes à une distance de 230 mètres et fait 20 voyages; ce qui donne 2.024 pour son transport journalier. Les chevaux qui travaillent de la même manière font 35 voyages, en traînant 220 kilogrammes. Le transport de ce bœuf est donc supérieur d'un septième à celui des chevaux. Mais en général il ne faut compter pour le bœuf que sur un travail à peu près équivalent à celui du cheval (1).

A la Grande-Croix, on emploie aussi des bœufs. On en avait d'abord placé 8 aux travaux du puits

(1) C'est aussi le résultat que présente le travail des chevaux et des bœufs employés à la remorque des waggons sur le chemin de fer entre St-Chamond et St-Étienne.

Neuf; mais la chaleur a obligé de les en retirer, et il n'y en a plus que deux au puits Frontignat. On trouve que leur nourriture est en effet plus économique; que, si le temps le permettait, on obtiendrait du bœuf le même travail journalier, mais qu'en définitive l'emploi des bœufs n'est pas avantageux. Quant au chiffre de leur transport, je n'ai pu le connaître, leur travail étant confondu avec celui des chevaux qui desservent les mêmes chantiers.

Cette différence dans les services que les bœufs rendent au Cros et à la Grande-Croix est facile à concevoir. Au Cros, l'extraction est peu considérable et le transport n'est pas pressé; les galeries sont très-larges et peu fréquentées; les voyages sont longs et n'exigent pas de fréquents changements de manœuvres; enfin l'airage y est bon : toutes circonstances favorables à l'emploi des bœufs. A la Grande-Croix, on vise à une production aussi grande que possible, et les bœufs vont trop lentement; par leur plus grand volume et leur défaut d'intelligence, ils se prêtent difficilement aux rencontres et aux changements de direction dans des galeries étroites et encombrées. En outre ces mines, à cause de leur grande étendue, sont moins bien airées, et les bœufs supportent la chaleur moins facilement que les chevaux.

Par suite, on voit dans quels cas il convient ou non d'employer les bœufs préférablement aux chevaux.

Du mulet. On essaie aussi à la Grande-Croix d'employer le mulet. Il paraît que cet animal présenterait au moins autant d'avantage que le bœuf. Il coûte encore moins pour son achat et sa

nourriture; il va plus vite, est moins encombrant et supporte mieux le manque d'air. Il fait d'ailleurs le même transport journalier que les chevaux, et finit sa journée à peu près en même temps, parce qu'il ne lui faut pas d'aussi grands intervalles de repos. Mais il est encore plus difficile à conduire que le bœuf, et il ne convient à cause de cela que pour de grandes distances.

De l'âne. Deux ânes sont actuellement employés au traînage dans la mine du Gagne-Petit. Ils font les mêmes voyages que les chevaux avec une charge moitié moindre. Leur dépense, y compris celle du toucheur, est environ moitié de celle du cheval. L'âne convient donc dans les mines trop basses pour le cheval; il peut passer dans des galeries de 40 pouces (1m,08) de hauteur.

DEUXIÈME PARTIE.

TRANSPORT SUR LES VOIES PERFCETIONNÉES.

§ I. *Des chemins de fer.*

On a entièrement renoncé dans la Loire aux chemins en fonte à ornières creuses établis dans quelques mines il y a quinze ans. Ceux actuellement employés sont en fer laminé (1), à rails plats ou à rails de champ.

(1) Ces fers se tirent des forges du pays. Ils se sont élevés cette année au prix de 360 fr. la tonne qu'ils n'avaient pas atteint depuis 1829. Le prix moyen de ces dernières années a été de 320 fr.

Chemins à rails plats. Dans ce système, les barres sont fixées à plat sur le bord de longrines, au moyen de vis-à-bois à tête noyée. Ces longrines sont elles-mêmes établies sur des traverses, quelquefois aussi sur des dés en pierre.

Dans un chemin de ce genre, construit il y a quatre ans à la mine de Mions, les traverses en pin de $0^m,13$ d'équarrissage sont distantes de 1 mètre. Les longrines en chêne ont $0^m,08$ sur $0^m,10$ de hauteur. Les barres ont $0^m,029$ sur $0^m,009$, avec des vis-à-bois distantes de $0^m,50$. Les chariots chargés pèsent environ 800 kilogrammes. La voie est de $0^m,75$.

Le devis de ce chemin est le suivant :

Fer. $3^k,85$ par mètre, à $0^f,36$. . .	$1^f,39$
Fraisage des barres.	0 ,25
Vis-à-bois.	0 ,46
Longrines en chêne, à $0^f,90$ le mètre courant.	1 ,80
Traverses en pin de $1^m,20$ de longueur, à $0^f,60$ le mètre. . . .	0 ,72
Entaille des traverses et pose. . .	0 ,40
Déblai et remblai.	0 ,25
Prix du mètre courant.	$5^f,27$

Ce prix est moindre que celui des autres chemins à rails de champ, parce qu'il y entre moins de fer. Mais les rails plats ont de grands inconvénients. Les longrines se déjettent et se fendent par l'humidité. Les têtes des vis-à-bois sont promptement arrachées. Les barres s'usent latéralement, et le bois est mangé à son tour rapidement. Par suite, les réparations sont plus fréquentes, plus dispendieuses et plus longues que dans les autres. En outre ils sont moins propres. Aussi on ne

fait presque plus aujourd'hui de chemins de ce genre (1).

Chemins à rails de champ. Ces chemins se composent de bandes de fer méplat maintenues de champ, à l'aide de coins de bois, dans des entailles pratiquées sur des traverses (*fig.* 2 et 3).

Voici les dimensions principales de plusieurs chemins de ce genre :

NOMS des MINES.	Distance des traverses.	DIMENSIONS des barres		Poids du fer par mètre.	Poids des chars chargés.	Largeur de la voie.
		vertic.	horiz.			
	m.	m.	m.	kilogr.	kilogr.	m.
Janon.	0,65	0,059	0,013	11,32	1150	0,72
Frontignat.	1,00	0,054	0,018	14,36	740	0,80
Roche-la-Molière. .	1,00	0,068	0,011	10,82	780	0,80
Gagne-petit . , . .	0,65	0,045	0,013	8,54	660	0,65
Charles..	1,00	0,054	0,007	5,58	500	0,80

Les traverses étant exposées à l'humidité sont en bois de chêne ou de pin. Ce dernier bois, à bas prix dans le Forèz, résiste très-bien de cette manière, en l'employant encore vert. Les traverses ont ordinairement 0m,108 d'équarrissage (4 pouces).

(1) Malgré leurs inconvénients, ces chemins conviendraient, même pour de grandes lignes de communication, dans des pays où le bois serait très-abondant. C'est le cas où se trouve une partie des États-Unis et de l'Allemagne, et c'est en effet dans ce système que la plupart des chemins s'y construisent.

La distance entre les traverses dépend surtout de l'épaisseur des barres. Celles-ci résistent suffisamment dans le sens vertical avec les dimensions et sous les charges relatées au tableau ci-dessus. Mais souvent elles fléchissent horizontalement, en sorte qu'il faut ou augmenter l'épaisseur des barres ou rapprocher les supports. Cela a lieu surtout dans les mines où le tirage se fait par chevaux, et on reconnaît assez généralement que la distance de 1 mètre mise d'abord entre les traverses ne doit pas dépasser $0^m,65$. Il convient même, en adoptant $0^m,65$, de porter aussi l'épaisseur des barres à $0^m,015$.

L'entaille a ordinairement de $0^m,035$ à $0^m,040$ de profondeur. Elle est faite en biais d'un côté. Il est bon aussi que la face oblique soit un peu inclinée de manière à maintenir le coin verticalement. Celui-ci est toujours en chêne. Voici les dimensions de l'entaille au Janon :

		mètres.
Profondeur		0,035
Longueur		0,108
Largeur en bas	la plus grande	0,061
	la plus petite	0,054
Largeur en haut	la plus grande	0,054
	la plus petite	0,047

Précédemment les coins se plaçaient à l'extérieur du rail, et pouvaient, sans gêner la roue, dépasser beaucoup la traverse. Mais la pression latérale du chariot finit par écraser le coin. Aussi dans les mines et dans les grands chemins de fer on place maintenant le coin à l'intérieur. Cette disposition permet aussi de diminuer un peu la longueur des traverses et d'élargir la voie dans une galerie étroite.

On a vu plus haut que l'épaisseur des barres paraissait généralement trop faible. Leur hauteur est aussi trop faible, parce qu'on n'a pas donné assez de saillie au rebord de la roue. On a d'abord donné à cette saillie $0^m,013$, et on a été obligé de l'augmenter progressivement, parce que les roues sortent fréquemment de la voie, inconvénient encore plus grave dans les mines qu'à la surface. Il convient de lui donner $0^m,022$ et même $0^m,025$, surtout si le chemin a des courbes roides (1).

Alors, en donnant $0^m,025$ au rebord de la roue, $0^m,035$ à la profondeur de l'entaille, et $0^m,010$ pour le jeu, les barres devraient avoir $0^m,070$ sur $0^m,015$, et reposeraient sur des traverses distantes de $0^m,065$. L'augmentation du prix qui en résulterait serait bien compensée par la régularité du service et par la solidité du chemin.

Le devis d'un chemin de fer ainsi construit (*fig.* 2 et 3), ayant une voie d'environ $0^m,75$, et destiné à porter des chars ne dépassant pas 1.200 kilogrammes, serait le suivant :

Fer. — $15^k,50$ par mètre, à $0^f,36$.	$5^f,58$
Traverses, entailles et coins. — Les traverses en chêne de 1 m. de longueur sur $0^m,011$ d'équarrissage, à $0^f,75$; deux entailles à $0^f,14$ et deux coins à $0^f,12$. Les traverses étant à $0^m,65$, cela fait par mètre.	1 ,55
Pose.	0 ,30
Déblai et remblai (prix moyen).	0 ,20
Prix du mètre courant.	$7^f,63$

(1) Sur les grands chemins de fer, la saillie des roues qui n'était primitivement que de $0^m,020$, a été portée à $0^m,30$ et tout récemment à $0^m,35$.

La plupart des chemins construits coûtent de 6 à 7 fr. le mètre. L'augmentation de prix serait donc d'environ un cinquième.

Outre les deux espèces de chemins à rails plats et à rails de champ, il y en a une troisième espèce qui participe de l'une et de l'autre, et qui consiste dans des barres carrées clouées sur des traverses. A Côte-Thiolière, on s'est servi d'un chemin de ce genre, dont les rails avaient $0^m,031$ de côté, et, étaient fixés par des vis-à-bois sur des traverses de $0^m,10$, distantes de $0^m,78$. Afin de moins fatiguer les vis-à-bois, les rails reposaient sur des traverses, dans de petites entailles de $0^m,005$ de profondeur.

Les chars pesaient environ 500 kilogrammes.

Le devis de ce chemin est le suivant :

Fer. — $14^k,18$ par mètre, à $0^f,36$.	$5^f,10$
Traverses équarries en pin, à $0^f,50$ par mèt.	0 ,64
3 vis-à-bois par mètre.	0 ,45
Fraisage et perçage du fer.	0 ,22
Pose	0 ,30
Déblai et remblai.	0 ,20
Prix du mètre.	$6^f,91$

Ce chemin ne présente donc pas d'économie notable sur les chemins à rails de champ, et il a le grave inconvénient signalé plus haut dans l'emploi des vis-à-bois.

La construction des chemins de fer présente des particularités dans les courbes et dans les changements de voie.

Dans les courbes un peu fortes, les rails de champ étant plus sujets à des flexions, il convient de diminuer alors, même de moitié, la distance des traverses.

Sur les grands chemins de fer de Saint-Étienne on élève ordinairement dans les courbes le rail extérieur de quelques centimètres au-dessus du rail intérieur, pour que, dans le cas de la plus grande vitesse, la ligne transversale passant par les deux rails soit perpendiculaire à la résultante de la pesanteur et de la force centrifuge. Cette hauteur se trouve alors exprimée par la formule

$$h = \frac{aV^2}{\sqrt{V^4 + g^2R^2}}$$

a étant la largeur de la voie, V la vitesse, R le rayon de courbure, et *g* la pesanteur.

Dans les mines la vitesse étant très-petite, cette hauteur est modifiée par le mode d'action du moteur. Si le char est poussé par un homme, cette action est dirigée tangentiellement à la courbe, et tend encore davantage à faire sortir de la voie. On augmentera donc *h*, et on lui donnera 3 à 4 centimètres dans les courbes très-roides. Mais si le moteur est un cheval, la traction s'opère suivant une corde de cercle, et tend à faire sauter par-dessus le rail intérieur. Il conviendra alors de poser les deux rails de niveau ou même d'élever le rail intérieur d'environ 1 ou 2 centimètres.

Dans les changements de voie et les doubles voies de rencontre, on rapproche les traverses, on les fait plus fortes, et on les rend communes aux deux voies. La *fig.* 4 (*Pl.XI*) représente la moitié d'une double rencontre du chemin de Roche-la-Molière pour recevoir un chariot mené par un homme. Les six points d'intersection sont établis d'une manière particulière. J'en décrirai en détail deux, C et D, les autres étant pareils à ceux-ci.

En C (*fig.* 5) la barre extérieure est placée contre la face extérieure de l'entaille. La barre intérieure DC est séparée de la première par un coin de bois cloué à la traverse. L'extrémité de cette barre DC, effilée en biseau, est découpée de telle sorte qu'elle vient toucher la barre CE par le bas. Le haut seulement est échancré pour laisser passer le rebord de la roue. Le tout est maintenu par un coin ordinaire entre le rail CD et la face interne de l'entaille.

En D (*fig.* 6), l'entaille a la forme de deux trapèzes adossés. D'un côté, les deux rails HD, H'D, sont réunis et même soudés par leurs extrémités taillées en biseau. On cloue un coin entre eux, et on fixe le tout par deux coins ordinaires, chassés contre les deux faces de cette partie de l'entaille. De l'autre côté les deux barres DC, DC', sont de même séparées par un coin cloué, et maintenues par deux coins ordinaires chassés extérieurement. Les extrémités de ces deux barres sont fendues horizontalement et recourbées seulement par le haut, tandis que le bas aboutit aux deux rails HD, H'D.

Un pareil système devant être monté avec soin, on l'établit d'abord au jour, et on numérote les pièces pour les placer dans la mine.

Dans cette double voie il n'y a pas d'aiguilles mobiles, parce que les deux voies étant symétriques, et le chariot étant conduit par un homme, celui-ci l'introduit aisément sur l'une ou sur l'autre en poussant le char contre le rail extérieur. Mais habituellement on se sert en C, C' de deux aiguilles (*fig.* 7), rendues mobiles par une queue soudée qui pénètre la traverse, et est fixée au-dessous par un écrou. Quelquefois ces

deux aiguilles se manœuvrent ensemble par une tringle.

Comme on l'a vu précédemment, la voie varie de 0m,65 à 0m,80, suivant la largeur des galeries. La voie de 0m,72 peut se placer, comme au Janon, dans des galeries qui n'ont qu'un mètre. Les voies étroites font davantage sauter les roues.

Dans la plupart des mines déjà anciennes, on n'a pas été maître de donner aux chemins de fer la pente qu'on eût préférée, parce qu'il fallait suivre celles déjà données aux galeries. Lorsqu'on est libre de la fixer, on peut se demander quelle est celle qu'il convient d'adopter; par exemple, s'il convient d'avoir une pente telle que les chars pleins descendent d'eux-mêmes et reviennent ensuite tirés par le moteur, ou s'il vaudrait mieux que la pente fût plus faible, de manière à ce que l'effort du moteur s'exerçât uniformément à la descente et à la remonte des chars. En soumettant cette question au calcul, on trouve aisément que le minimum d'action totale correspond à la pente sur laquelle les chars descendent seuls. Il en résulte aussi une alternative favorable à l'action du moteur, surtout si les distances sont courtes, et surtout pour l'homme qui descend alors sur le chariot sans se fatiguer.

Quant à la pente sur laquelle les chars descendent seuls, on sait que sur les grands chemins de fer elle est d'environ 0,005 : la ligne de Rive-de-Gier à Givors présente ainsi, eu égard à la direction de la presque totalité des transports, la pente modèle des chemins de fer. Sur les chemins de mines elle est plus forte; ils sont en effet moins propres, les boîtes sont moins bien olivées, et le rapport entre les diamètres des essieux et des

roues est en général plus grand. Pour déterminer cette pente, j'ai cherché, au moyen du dynamomètre dont il a été question plus haut, quel est l'effet de traction sur une ligne de niveau, et, pour n'avoir pas à tenir compte de l'inclinaison du chemin sur lequel j'opérais, j'ai pris la moyenne des efforts à la remonte et à la descente. Plusieurs observations de ce genre ont donné 0,008 à 0,011 du poids du char. En tenant le chemin un peu propre, et en huilant les essieux deux fois par jour, on est au-dessous de 0,010, et alors on peut adopter la pente d'un centimètre par mètre pour que les chars descendent facilement d'eux-mêmes sur le chemin.

Cependant ce système ne présenterait plus les mêmes avantages si les distances étaient longues (250 mètres par exemple) et à courbes roides, et si les convois se composaient de plusieurs chars, parce qu'alors, à la descente, les chars seraient plus exposés à sortir de la voie, ce qui est un grave inconvénient surtout dans les galeries étroites, et parce que la durée du tirage à la remonte serait trop longue relativement à l'effort du moteur. Alors il serait préférable d'adopter une pente moindre, sur laquelle le tirage serait à peu près le même à la remonte et à la descente, parce que le temps des chargements et des déchargements suffirait pour reposer le moteur. Le poids du char vide étant moyennement le tiers du char plein, et l'effort de traction étant à peu près d'un centième, on trouve par le calcul que cette pente de tirage uniforme serait d'environ un demi-centimètre par mètre. C'est donc la pente qui me semblerait la plus convenable dans ce cas.

Les pentes les plus convenables des chemins de

mines seraient donc celles d'un centimètre ou d'un demi-centimètre par mètre, suivant les circonstances ci-dessus indiquées.

Des chars. Les chars sont de deux espèces : ceux à caisse et ceux qui portent des bennes.

La caisse des premiers est habituellement à bascule, comme dans les waggons de terrassement. Ils ont $1^{m},20$ de hauteur. Dans les galeries plus basses, on a des caisses fixes, et on fait basculer le char entier autour d'une paire de roues au moyen de deux petits brancards en fer placés en avant. Des chars construits ainsi et contenant 600 kilogrammes de houille, n'ont que $0^{m},83$ de hauteur, et sont poussés par des hommes dans des galeries hautes d'un mètre. Mais ces chars, très-bons dans toute autre circonstance, conviennent encore moins que la brouette à l'exploitation de la houille, à moins que, ce qui est rare, celle-ci soit presque entièrement composée de menu. En effet, comme les chariots n'arrivent pas au pied des tailles et ne sont pas hissés par le puits, la houille subit ainsi deux transbordements qui lui ôtent une grande partie de sa valeur. Le peu de hauteur des galeries porte quelquefois à se servir de ces chars. Mais il vaut mieux augmenter un peu les frais de construction du chemin en excavant le mur ou le toit de la galerie, pour avoir des chars à bennes (*Pl. XII, fig.* 1). Ceux-ci conviennent essentiellement à la houille (1), qui de cette manière peut arriver sans transbordement depuis les tailles jusqu'au jour. La hauteur ordinaire de ces

---

(1) C'est sur le même principe que sont construits les waggons à trois caisses mobiles du chemin Beaunier.

chars est de $0^m,38$; celle des bennes est d'environ $0^m,60$, de sorte qu'un char de 4 bennes combles, contenant 600 kilogrammes de houille, peut aller sur des galeries de $1^m,10$ à $1^m,20$ de hauteur. Les deux extrémités du chemin aboutissent alors à un terre-plein au niveau du char.

La principale difficulté que présente la construction des chars, est celle provenant des courbes roides que l'on doit contourner pour suivre le développement de l'exploitation dans des galeries étroites et se coupant à angles droits. Aussi on s'est contenté pendant longtemps d'avoir des chemins de fer à peu près droits dans les galeries principales de roulage, ou d'avoir des ponts tournants semblables à ceux des embranchements des grands chemins de fer. Mais ces ponts tournants interrompent le transport, et exigent la présence d'un homme pour les manœuvrer. Ils ne conviennent donc pas dans les mines, où on doit surtout éviter les lenteurs et les encombrements.

Mais, depuis deux ou trois ans, on est parvenu dans les mines de la Loire à tourner les courbes du plus petit rayon (2 à 3 mètres), en modifiant seulement les chariots. On sait que le problème consiste à faire en sorte que dans la courbe les roues continuent à tourner sur les rails, et, d'autre part, à éviter le frottement dû à la différence de longueur des deux arcs. Le premier effet se produit, 1° en donnant aux roues un jeu suffisant, 2° en permettant à chacune d'elles de se placer dans le plan vertical tangent au rail, ou en rapprochant assez les roues pour que leur défaut de parallélisme avec le rail soit insensible. Il faut, de plus, que les dimensions de la roue et de son rebord soient telles que le rebord puisse tourner

dans la courbe. Quant au second effet, le seul des divers moyens connus qu'il convienne d'employer dans les mines, est de fixer les roues sur quatre essieux indépendants.

Voici comment ces effets sont réalisés, au moyen d'une disposition due à M. Fournet, constructeur du chemin de fer de la mine de Frontignat cité plus haut (1). Ce moyen consiste à rendre les quatre roues indépendantes, et à leur permettre de tourner autour d'un axe vertical, de manière à suivre la direction du rail. A cet effet, chacune des roues (*fig.* 2), de $0^m,24$ de diamètre, garnie de deux rebords de $0^m,013$, comme une poulie, est fixée à un petit essieu qui porte une chappe mobile autour d'un axe vertical, comme une roulette de lit. Ce système, que j'ai vu fonctionner depuis 1833 dans la mine de Frontignat, tourne très-aisément dans deux courbes de 2 et de 3 mètres.

On peut arriver autrement au même résultat. En effet, des essais faits depuis cette époque à la mine du Treuil par M. Wéry, ont montré qu'en plaçant les deux essieux à roues fixes d'un char ordinaire à $0^m,40$ l'un de l'autre, on peut franchir des courbes de 2 mètres de rayon, sauf le frottement dû à la courbe. A Roche-la-Molière, un char de ce genre à deux essieux distants de $0^m,40$ franchit journellement une courbe de 4 mètres. Enfin, à la mine du Janon, exploitée par M. Merle, des chars à 4 essieux (*fig.* 1) franchissent, depuis une année, une courbe de 3 mètres, les deux

(1) Ce travail a valu récemment à M. Fournet le prix décerné par l'académie de Lyon.

paires d'essieux étant distantes de $0^m,62$, et les essieux de chaque paire étant distants de $0^m,08$. Le frottement dû à l'inégalité des deux arcs parcourus se trouve évité. Les roues ont $0^m,33$ de diamètre, et $0^m,025$ de rebord; or les courbes de 3 mètres sont les plus roides que l'on ait à tourner; car le raccordement de deux galeries perpendiculaires de 1 mètre seulement de largeur, au moyen d'une pareille courbe, n'obligerait d'entamer l'angle du pilier que sur 1 mètre de profondeur. On peut donc s'en tenir à $0^m,62$, une distance plus courte entre les essieux faisant sauter trop aisément les chariots, pour peu que la charge soit inégalement répartie.

Le problème se trouve donc résolu par deux moyens : soit par les roues à chappe de M. Fournet, soit simplement par le système de 4 essieux ordinaires convenablement espacés.

Dans tous les cas, les roues doivent avoir $0^m,015$ à $0^m,020$ de jeu pour se prêter aux courbes, ainsi que pour moins fatiguer les roues et pour faciliter leurs mouvements (1). Le jeu des essieux sur leurs collets n'a que $0^m,005$, pour ne pas perdre de place entre les roues et les parements extérieurs du châssis.

Les roues sont en fonte (*fig.* 3). Celles des grands chemins de fer sont coulées en coquille, et ont leurs moyeux divisés en 3 ou 4 secteurs. Pour les petites roues de mines, on se dispense de les couler de cette manière, et leur moyeu est d'une

(1) Sur les grands chemins de fer, ce jeu est moyennement de $0^m,025$; il varie de $0^m,010$ à $0^m,045$. Le jeu des essieux est de $0^m,010$ à $0^m,030$.

seule pièce. Les quatre pèsent ordinairement 70 kilogrammes; leur diamètre varie de $0^m,27$ à $0^m,40$. Il est limité par la hauteur à donner aux chars et par la roideur des courbes. On a vu plus haut que leur rebord devait être de $0_m,025$. Sa largeur est de $0^m,020$. Ce rebord peut être fait de diverses manières. La forme *a* (*fig.* 4) s'oppose bien aux ressauts, mais la secousse faisant monter la roue sur le rail, celle-ci y reste; la forme *b*, employée d'abord sur les grands chemins de fer, facilite trop la sortie hors de la voie par suite d'un mouvement latéral; la forme *c*, composée d'un premier élément vertical, et ensuite d'un plan incliné se raccordant avec lui, est préférable, en ce qu'elle s'oppose comme la première aux secousses latérales, et qu'elle permet à la roue de retomber à sa place si le déplacement n'est pas trop grand. La largeur des roues, non compris celle du rebord, est d'environ $0^m,055$. L'épaisseur moyenne de leur jante est de $0^m,012$.

Les essieux sont en fer, tourné à l'endroit où porte le coussinet. Pour les charges ordinaires de 600 à 1.200 kilogrammes, ils ne doivent pas avoir moins de $0^m,030$ à $0^m,040$. Des essieux plus faibles en bon fer se sont cassés.

Il faut que l'essieu soit fixé à la roue sans ballottement. Le moyen ordinaire consiste à introduire l'essieu presqu'à frottement dans l'ouverture carrée un peu conique de la roue, à fermer les petits intervalles par des calles, pendant que la roue est placée sur un tour pour la centrer avec l'essieu, et à fixer l'extrémité par un écrou *e* (*fig.* 1). On peut aussi opérer comme pour les waggons de Lyon : alléser une ouverture cylindrique au moyen de la roue, y ajuster l'extrémité

tournée de l'essieu, et fixer celui-ci par une goupille *g* (*fig.* 3), légèrement conique, enfoncée dans une ouverture ménagée moitié dans le moyeu, moitié dans l'essieu.

Les coussinets (*fig.* 5 à 8) ont 0^m,035 à 0^m,045 de largeur dans le sens de l'essieu. Ils sont en bronze, ou en fonte, ce qui est plus économique et vaut autant. Ceux en cuivre *a* sont placés dans une bride en fer (*fig.* 5), ou sont maintenus par un sous-coussinet en bois *b* (*fig.* 6) et par deux boulons carrés, appliqués par des rainures contre les pièces *a*, *b*, et serrant le tout par une bride en fer *ef*. Les coussinets en fonte pour un seul essieu sont coulés avec des brides (*fig.* 7), et ont un sous-coussinet en bois. Au Janon, chaque coussinet en fonte (*fig.* 8) sert à la fois au collet d'un des essieux et à l'extrémité de l'autre. Dans tous les cas, les coussinets doivent être placés sous les sommiers, le plus loin possible de leurs faces externes, pour être à l'abri de la poussière de la houille qui peut tomber du char.

L'huilage se fait deux fois par jour en arrosant simplement le collet. Quand on a des chars à bennes on les retourne ; quand ce sont des chars à caisse, on peut, en les soulevant latéralement, opérer entre le coussinet et l'essieu un vide suffisant. L'huilage d'un char coûte 0^f,025 par jour.

La charpente des chars à bennes se compose de deux sommiers longitudinaux de 0^m,08 de largeur sur 0^m,16 de hauteur, réunis par trois ou quatre traverses, et recouverts par deux ou trois planches de peuplier de 0^m,035. Au Janon, ces chars ont 2^m,50 de longueur sur 0^m,65 de largeur pour recevoir 4 bennes, contenant chacune 150 kilogrammes de houille. On met 7 de ces chars à la

file, en liant deux chars voisins par une chaîne unique placée au centre, plutôt que par deux chaînes latérales qui tirent inégalement et font davantage sauter les roues. Il en est de même de l'attelage du cheval, qui a lieu par l'intermédiaire d'un bâton auquel ses deux traits sont liés.

Le peu de hauteur du point d'attache dans les chars à bennes fait qu'ils sortent souvent de la voie par suite du soulèvement opéré par l'effort du cheval. Au Janon, on évite cet effet maintenant en donnant au premier et au dernier char du convoi une forme particulière(*fig.* 9). L'avant de ces chars présente une traverse *a* placée en contrehaut du plancher, et fixée aux sommiers par deux supports et par des ferrements boulonnés. Le point d'attache *b* est au centre de la traverse, et se trouve élevé à $0^m,80$ au-dessus du sol.

Dans le cas de fortes pentes, on peut adapter aux chars un frein qui presse les roues de derrière horizontalement. Ce frein est composé de deux tasseaux de chêne portés par une barre de fer transversale, qui se meut dans deux coulisses en fer placées sous les sommiers. Elle est manœuvrée par une vis, ayant son écrou sous la première traverse du châssis, et la manivelle de cette vis peut s'enlever lorsque le convoi change de direction, pour qu'elle ne blesse pas le cheval. Le conducteur placé à l'arrière du convoi manœuvre ce frein très aisément.

Les prix des divers chariots sont les suivants :

Char à bennes du Janon portant 600 kilogrammes de houille dans 4 bennes.	94 fr.
Le même avec traverse destinée à élever le point d'attache	116 »
Char à bennes de Frontignat, portant 400 kilogr. dans 2 bennes.	78,10
Char à caisse contenant 600 kilogr. de houille. .	83,48
Char à caisse à bascule contenant 750 k. de houille.	125 »

Les poids de ces chars sont les suivants :

Char à bennes ordinaire du Janon. . .	195 k.	345 kil.
Les 4 bennes.	150	
Char à bennes de Frontignat.	180	340
Ses deux bennes.	160	
Char à caisse.		180
Char à caisse à bascule..		355

Par suite, les pertes d'effet utile dues au poids de ces véhicules sont respectivement 0,37, 0,45, 0,23 , 0,32. Dans le traînage ce rapport est d'environ 0,25. On sait qu'il varie de 0,27 à 0,38 dans les waggons et les voitures de terre, et qu'il est d'environ 0,25 dans les bateaux. Aucun de ces systèmes de transport n'a donc d'avantage bien marqué sous ce rapport.

Voici maintenant quel est l'effet utile des hommes et des chevaux sur les chemins de fer de mines. Je ne citerai à cet égard que deux mines. La plupart des autres présentent de trop fortes pentes et contre-pentes, ou de trop petites longueurs, ou ne sont pas encore définitivement organisées sous ce rapport.

A Roche-la-Molière, un homme fait aisément 40 voyages en menant 600 kilogrammes de houille. La distance est de 232 mètres et la pente de 0,002; ce qui correspond à 5.568 kilogrammes transportés à un kilomètre.

Au Janon, un cheval de force moyenne fait 20 voyages, en traînant 7 chars à bennes contenant 4.200 kilogrammes de houille. La distance est de 550 mètres, et la pente est de 0,005; ce qui correspond à 46.200 kilogr. transportés à 1 kilom.

En comparant ces chiffres de transport aux chiffres les plus élevés obtenus pour les autres modes de transport, on trouve que les frais de transport par quintal métrique et par distance de 100 mètres sont à peu près les suivants :

Sur le sol des galeries.

Porteurs.	0f,0800
Traîneurs.	0 ,0300
Chevaux.	0 ,0170

Sur les chemins de fer.

Hommes.	0f,0045
Chevaux.	0 ,0010

L'emploi des chemins de fer et des chevaux dans les mines a donc eu pour effet de diminuer très-notablement les frais de transport intérieur, tout en étendant l'exploitation à de bien plus grandes distances, et d'augmenter l'extraction.

Cependant les chemins de fer présentent dans les mines quelques inconvénients qui les rendent moins avantageux qu'au jour, et qui me porteraient à ne les adopter que pour des distances de plus de 200 mètres. Ainsi, d'une part les irrégularités de gisement qui contournent forcément les pentes des galeries; le déplacement des points de chargement, la fréquence des rencontres par suite de la nécessité de faire alterner les remontes avec les descentes; les embarras résultant d'un saut hors de la voie dans des galeries étroites, la difficulté des chargements et déchargements, etc.; d'un autre

côté, le chemin de fer ne pouvant suivre pied à pied l'abattage, il faut avoir un transport accessoire entre les tailles et le chemin. Souvent aussi celui-ci n'aboutit pas jusqu'au puits, le terrain n'étant pas assez solide pour faire de grandes recettes.

Enfin, il est une autre cause qui s'oppose quelquefois à l'établissement de ces chemins. On sait en effet que dans beaucoup de mines de houille existant dans des terrains disloqués, la pression exercée sur les piliers fait remonter le sol schisteux des galeries, en sorte que celles-ci finissent souvent par se fermer au bout de quelques années. C'est même sur ce fait qu'est fondé le système d'exploitation par tranches horizontales dans les principales mines de Rive-de-Gier. Aux environs de Saint-Etienne il n'y a guère que la mine de la Chana dans laquelle cet effet soit marqué; dans cette mine, ainsi que dans celle de Sainte-Foy (Rhône), on a été obligé d'enlever les chemins de fer qu'on y avait posés. Quant à Rive-de-Gier, cette mobilité du sol a empêché presque partout la construction de ces chemins.

C'est dans le but de remédier, au moins en partie, à cet inconvénient que l'on établit en 1831, dans une partie des mines de la Grande-Croix, un *chemin de fer suspendu*. Voici quelle en est la disposition (*fig.* 10):

Le rail est formé de barres de $0^{m},047$ de largeur sur $0^{m},018$ d'épaisseur, posées à plat presque sur le bord d'une longrine *a*, au moyen de boulons à tête noyée. La longrine est portée à $1^{m},50$ au-dessus du sol par des patins *b* fixés par des boulons aux montants du boisage et retenus supérieurement par deux étriers *c*, le tout en sapin,

Sur le rail est placée une poulie (*fig.* 11), tournant dans un petit essieu de 0m,03 de diamètre, coudé verticalement autour de la longrine, en se terminant par un crochet placé à un ou deux centimètres au-delà du plan vertical passant par l'axe du rail. A ce crochet est suspendue une benne contenant 200 kilogrammes de houille. Quatre bennes, portées chacune par une poulie semblable, sont liées à la file et traînées par un cheval qui suit la longrine. La *fig.* 12 présente les dispositions d'une double rencontre. Aux extrémités du chemin, le sol se relève pour suspendre et décrocher les bennes.

Les frais d'établissement d'un pareil chemin sont les suivants :

Fer. 6k,22 à 0f,36.	2f,24
Forage des bandes.	0,10
Boulons et clous.	0 ,82
Bois.	2 ,14
Pose.	0 ,60
Prix du mètre.	5f,90

non compris les montants, qui, à la Grande-Croix, sont assez multipliés dans le boisage pour qu'il n'en faille pas de nouveaux, mais qui, dans des mines neuves, porteraient ce prix à 7 fr. au moins. Il faut remarquer en outre que le rail est trop plat, et devrait avoir 0m,028 au lieu de 0,018, ce qui a obligé d'évider la longrine pour recevoir les rebords de la roue, et cela augmenterait encore le prix ci-dessus de 1 fr. 22 c.

Le véhicule d'une benne coûte 27 fr. 85 c.; c'est donc 111 fr. 40 c. pour le véhicule de 800 kilogrammes de houille.

Sur ce chemin un cheval mène 800 kilogrammes à 200 mètres de distance, et fait 15 voyages. Ce

qui donne seulement 2.400 kilogrammes transportés à 1 kilomètre. Ce n'est qu'un peu plus de deux fois l'effet des chevaux traînant sur le sol de la même mine.

Ce système peut s'établir dans des mines à sol mobile, parce qu'il est moins soulevé, et qu'on peut réparer le sol sans entraver le service. Mais il a de grands inconvénients, relativement au défaut de stabilité du véhicule, aux ballottements qui absorbent une grande partie de l'effet utile du cheval, et aux réparations plus fréquentes qu'il exige. Il coûte d'ailleurs plus cher que le système ordinaire. Aussi celui de la Grande-Croix est le seul qui ait été construit de cette manière.

Ce système de chemin suspendu n'ayant pas réussi, on pourrait chercher à remédier directement à la mobilité du sol, en boisant très-solidement la galerie au moyen de cadres complets (*fig.* 13), dont la semelle serait composée de deux pièces faisant voûte. Les cadres étant faits en bois les plus forts, et étant bien serrés contre les parois de la galerie, les semelles résisteraient pendant un temps assez long à la poussée verticale. On établirait sur ces semelles un remblai pour porter les traverses du chemin de fer ordinaire.

§ II. *Des chemins de bois et de pierre.*

Ces chemins ne présentant que très-peu d'intérêt, je n'en dirai qu'un mot.

On se servait dans ces dernières années à Roche-la-Molière d'un chemin de bois formé de deux longrines en pin de $0^m,38$ sur $0^m,05$, chevillées sur des traverses de $0^m,27$ sur $0^m,05$, et distantes d'environ 2 mètres. L'intervalle de $0^m,04$ entre les deux longrines guidait la tête d'un chien, dont

l'avant-train pouvait tourner autour d'une chappe verticale placée au-dessous de la caisse. Ce chien pesait 120 kilogrammes. Le prix d'un mètre d'un pareil chemin dans ce pays est d'environ 3 fr. 25 c.

Un homme menait ainsi 400 kilogrammes à 600 mètres de distance, sur une pente d'environ 0,035. Il faisait 13 voyages par jour, ce qui correspond à 3.120 kilogrammes transportés à 1 kilomètre. C'est maintenant le chemin de fer dont il a été ci-dessus question qui fait le service de la même mine.

Il n'existe qu'un seul chemin de pierre dans les mines de la Loire. C'est celui construit depuis très-longtemps au puits Neuf de la Grande-Croix. Sa longueur est de 160 mètres, et il monte de 14' vers le puits. Il est formé (*fig.* 14) de deux lignes de pierre de grès houiller présentant un rebord intérieur qui guide les roues.

Le prix du mètre courant de ce chemin est le suivant :

Pierre.	4f,35
Pose.	0,77
Déblai et remblai.	0,20

Prix peu inférieur à celui des chemins de fer comparativement surtout aux services que rendent ces deux genres de voie.

L'établissement du chemin de pierre de la Grande-Croix a eu pour but d'éviter le transbordement de la houille. La houille est en effet transportée de cette manière dans la même benne qui l'élève au jour. Cette benne, contenant 520 kilogrammes, est montée sur 4 roulettes. La machine à vapeur de la force d'environ 23 chevaux, remorque quatre de ces bennes jusqu'au bas du puits, et ensuite elle les élève successivement.

RAPPORT

A Monsieur le Préfet du Gard sur l'emploi de la vapeur perdue des machines à haute pression dans les filatures de soie, d'après le système de M. Puget, d'Arpaillargues, breveté (1);

Par M. VARIN, ingénieur des mines.

On sait que dans toutes les machines à vapeur la chaleur développée par le combustible sous la chaudière, après avoir produit l'effet demandé, s'échappe librement hors de l'atelier.

Tantôt, comme dans les machines à condensation, la chaleur est entraînée dans un courant d'eau, tantôt, comme dans les machines sans condensation, elle se perd avec un courant de vapeur.

Eau chaude ou vapeur, la chaleur est également perdue tant qu'on laisse l'eau couler à la surface du sol ou la vapeur se dissiper dans l'atmosphère.

Dans toutes les circonstances où la rareté du combustible prescrit d'en obtenir le plus grand

(1) Ce rapport a été fait sur l'invitation de M. le préfet du Gard, à l'occasion d'une demande en prolongation de brevet formée par M. Puget, d'Arpaillargues, et dans le but d'éclairer la chambre du commerce de Nîmes sur cette réclamation.

effet utile, on a songé naturellement à faire emploi de la chaleur renfermée dans l'eau sous l'une ou sous l'autre forme.

En général, on n'a jamais manqué d'en utiliser une partie pour élever de quelques degrés la température de l'eau alimentaire de la chaudière à vapeur. Mais cet emploi est très-limité, surtout dans les machines de la première espèce, où la température de l'eau de condensation n'excède pas 35 à 45° c.

Quant aux autres usages, on voit qu'excepté pour des bains il est difficile d'utiliser l'eau de condensation à cause de sa basse température, et que cet emploi lui-même est fort limité par la nature des choses.

Le courant de vapeur à 100°, qui s'échappe des machines à vapeur sans condensation, a toujours paru susceptible de nombreux emplois. Rien de plus naturel que de chercher à employer cette vapeur perdue, soit pour le chauffage des ateliers, séchoirs, étuves, etc., qu'emploient tant d'industries, soit pour le chauffage des liquides par circulation ou par bouillonnement.

Cette idée si simple peut s'être présentée à beaucoup de personnes, mais on doit à M. Puget de l'avoir réalisée en grand, et d'avoir démontré par l'expérience la facilité de son application et l'économie qui en résultait.

Placé au centre de la filature des cocons, dans le département du Gard, où l'industrie de la soie est dominante, M. Puget a songé d'abord à appliquer sa conception aux filatures qui emploient la vapeur comme moyen de chauffer les bassines.

Une filature, ainsi chauffée, peut être mue soit à bras d'hommes, soit par un manége, soit par un cours d'eau, soit par la vapeur. Le vent ne peut convenir à cause de son irrégularité et des chômages ruineux qui résulteraient du calme.

La quantité de vapeur ou de combustible consommée pour le moteur, quand on emploie les machines à feu, est bien inférieure à celle qui est nécessaire pour chauffer les bassines. Ainsi, de grandes filatures à Alais emploient environ 1 cheval-vapeur pour 35 ou 40 tours, et consomment pour cet objet environ 7 à 8 kil. de houille par heure, tandis que pour chauffer 35 ou 40 bassines il faut au moins 100 kil. de vapeur dans le même temps, représentant une consommation de 25 à 30 kil. de houille, c'est-à-dire trois à quatre fois plus grande que celle qu'exige le moteur.

Dans ce cas particulier d'application, M. Puget a été conduit à renverser le problème, et au lieu de chercher à tirer parti du superflu de la chaleur, le moteur étant donné, il s'est agi pour lui d'extraire pour un usage quelconque la force motrice renfermée implicitement dans une masse de vapeur ou de combustible destinée par la nature des choses à produire dans une industrie quelconque un effet calorifique donné.

Envisagée sous ce point de vue, la question se présente sous un point de vue beaucoup plus neuf, et tout entier (à ma connaissance au moins) de l'invention de M. Puget.

La solution n'offrait aucune difficulté théorique. Former dans la chaudière la vapeur d'eau à une ression supérieure à celle de l'atmosphère; la

faire passer à travers une machine à vapeur sans condensation ; puis, à sa sortie, la faire arriver dans l'appareil de chauffage, appareil que je suppose donné d'avance, et qui peut être tel qu'on voudra l'imaginer, excepté qu'il doit fonctionner à la pression atmosphérique.

Dans l'application particulière, dans laquelle M. Puget s'est renfermé, la vapeur est produite dans une chaudière de tôle susceptible de supporter une pression intérieure de plusieurs atmosphères ; elle entre dans un cylindre oscillant, dont la tige fait mouvoir un volant qui communique le mouvement aux tours par des courroies, et par des excentriques aux pompes à eau froide et alimentaire. De cette manière les tours sont mus par la *force perdue* renfermée dans la vapeur.

Comme à toutes les innovations, on a fait beaucoup d'objections à cette invention, digne d'être accueillie avec tant d'empressement ; la principale était qu'il y aurait destruction de chaleur dans la dilatation de la vapeur à travers la machine, et que l'économie de combustible n'aurait rien de réel.

Cette objection est plus spécieuse que fondée ; car, d'une part, il est admis pour constant qu'un kilogramme d'eau exige la même quantité de chaleur et partant de combustible, pour être réduit en vapeur, quelle que soit la pression : ainsi il est indifférent, sous ce rapport, de produire dans la chaudière la vapeur à telle ou telle pression, sauf la très-petite perte qu'il y a à chauffer une chaudière à un degré plus élevé, à cause qu'elle dépouille moins bien la fumée de son

excès de chaleur. De plus, où se ferait la perte constante de chaleur annoncée par les critiques? Ce ne peut être dans le cylindre, où la perte par rayonnement est presque insignifiante, et pourrait, à la rigueur, être prévenue par une enveloppe non conductrice.

Il peut être intéressant de savoir quelle somme de force motrice on peut retirer d'une consommation donnée de vapeur ou de combustible, sans nuire à l'effet principal, qui est supposé être ici le chauffage.

Si on appelle :

M le poids (en kilogrammes) de vapeur consommé en une seconde;

T, l'excès sur 100° de la température de la vapeur dans la chaudière;

a, l'aire du piston à vapeur en mètres carrés;

v, sa vitesse ou l'espace qu'il parcourt en une seconde;

p, la pression absolue de la vapeur, une atmosphère étant prise pour unité;

δ, le poids (en kilogrammes) d'un mètre cube de vapeur dans la chaudière;

E, l'effet utile mécanique, le cheval-vapeur étant pris pour unité égale à 75 kilogrammes élevés à 1 mètre en une seconde.

La pression en kilogrammes sur le piston sera égale à son aire multipliée par le poids d'une atmosphère sur un mètre carré, répété autant de fois qu'il y a d'atmosphères effectives, c'est-à-dire une de moins que dans la chaudière, soit 10.000 a ($p - 1$); (on suppose une atmosphère égale à 10^m d'eau en nombres ronds). En multipliant cette pression par la vitesse v on aura le nombre

de kilogrammes soulevés à 1 mèt. en 1″, et en divisant par 75 on aura l'effet utile

$$E = \frac{10000}{75} av (p-1).$$

Le volume de vapeur consommé en 1″ sera égal au volume engendré pendant le même temps par le piston, savoir av. Le poids sera $av\delta$, qui est égal à M. Ainsi on a une deuxième équation

$$av\delta = M.$$

On peut éliminer δ en fonction de T, car en appelant Δ le poids d'un mètre cube de vapeur à 100°, savoir 590 gr. ou $0^k,59$, on a $\frac{\delta}{\Delta} = \frac{p}{1} \cdot \frac{1+0,375}{1+0,00375(100+T)}$.
En remplaçant Δ par 0,59, effectuant les calculs et les réductions, les deux équations deviennent :

$$E = 226\,M\,(1+0,0027\,T)\left(1-\frac{1}{p}\right)$$

$$av = 1.695\,\frac{M}{p}\,(1+0,0027\,T)$$

On voit qne E contient dans un de ses facteurs le terme soustractif $-\frac{1}{p}$. Donc, plus la pression sera grande, plus l'effet utile augmentera, ce qui était facile à prévoir. On voit même que le terme affecté par la température T croît aussi avec elle, en sorte que, par ces deux motifs, il paraîtrait avantageux d'augmenter la pression.

La pression étant choisie, et partant la température, on voit que av est donné par la seconde équation ; c'est en volume la dépense de vapeur en 1″. Si on se donne encore v, qu'il convient de ne faire varier qu'entre des limites étroites,

on voit que a, l'aire du piston à vapeur, sera déterminé.

Appliquons à ces formules les données d'une filature de 80 bassines, dans laquelle la consommation de combustible serait en nombres ronds de $800^{k.}$ de houille par jour de seize heures. Dans des appareils de chauffage médiocres on aura au moins $4^{k.}$ de vapeur pour $1^{k.}$ de houille, soit 3200 en 16 heures, ou bien $0^{k.},0555$ en $1''$. Ainsi, soit $M = 0,555$, supposons qu'on veuille marcher à 3 atmosphères de pression relative et 4 de pression absolue $p = 4$ et $T = 44$; $T = 45^{d}, 4$, d'après la table nouvelle. Avec les nombres on aura $E = 10,52$ et $av = 0,0263$. Si nous supposons de plus que le piston marche avec une vitesse de 1^{m} en $1''$, on aura $v = 1$, et la surface du piston en mètres carrés sera $a = 0,0263$, et en décimètres carrés $a = 2^{déc. car.},63$. Ainsi la force disponible serait d'environ 10 chevaux et demi, et la surface du piston serait un peu plus de deux décimètres carrés et demi.

De ce calcul il faut néanmoins beaucoup rabattre, car il y a des causes de perte par les frottements, les fuites de vapeur, la déperdition de chaleur par rayonnement. En évaluant la distraction de forces à la moitié de ce qui est donné par le calcul, il resterait encore une force de 5 à 6 chevaux disponible. C'est bien plus du double de ce qu'il faut pour faire tourner la filature et procurer (au moins dans les circonstances ordinaires) l'eau nécessaire au service des bassines, qu'on peut évaluer, d'après M. Puget, à au moins 6 lit. par heure et par tour.

On voit de suite qu'ici il y a double avantage sur les moteurs ordinaires à condensation; car non-seu-

lement l'eau de condensation entraîne de la chaleur en pure perte, mais encore elle a exigé une portion notable du moteur pour être élevée, sans qu'on puisse en utiliser qu'une très-petite partie pour l'alimentation.

Il est donc établi qu'il y a non seulement économie de combustible, mais encore acquisition gratuite d'un moteur assez considérable en sus de celui qu'il faut pour mener les tours. Il reste à exposer comment M. Puget a surmonté les difficultés provenant de l'intermittence de l'emploi de la vapeur dans les bassines, 1° quand une grande partie des robinets à vapeur sont fermés; 2° quand une grande partie est ouverte à la fois.

Quand toutes les fileuses ferment leurs robinets de vapeur, la machine motrice s'arrêterait s'il n'y avait pas une autre issue pour la vapeur. Cette issue consiste en un tuyau plongeant, de 1m environ, dans une bache pleine d'eau. Au moment où les fileuses ferment leurs robinets, la vapeur passe dans cette eau, s'y condense si elle la trouve froide, la fait bouillonner si elle la trouve chaude; au moment où l'on rouvre les robinets en nombre suffisant, la vapeur s'échappe de préférence par leurs ouvertures, attendu qu'elle n'y trouve qu'une pression de 10 centimètres d'eau, inférieure à celle de la bache. C'est dans cette bache que la pompe foulante puise l'eau alimentaire de la chaudière. On voit donc que si le chauffeur a soin de ralentir le feu quand les fileuses ferment leurs robinets, la vapeur qui s'échappera dans la bache s'y condensera entièrement, et la chaleur ne sera pas perdue puisque toute cette eau est destinée à retourner à la chaudière.

Si, au contraire, les fileuses ont besoin d'une grande quantité de vapeur à la fois, de tout ce que la chaudière peut fournir, par exemple le matin au moment du battage, il est clair que si elles ne pouvaient recevoir la vapeur que par l'intermédiaire de la machine motrice, il faudrait que celle-ci prît une vitesse excessive et nuisible au tirage; dans ce cas le chauffeur a sous la main un robinet qui fait communiquer directement la chaudière avec les bassines, et qui fournit le supplément de vapeur indispensable.

Il est remarquable qu'à l'exception des cas extrêmes il s'opère habituellement une sorte de compensation par l'accélération de la machine quand on arrête quelques tours.

M. Puget a fabriqué lui-même toutes les machines en activité d'après ce système. Leur construction est simple et peu coûteuse. Elles ont un cylindre oscillant, le jeu du tiroir est produit par l'oscillation du cylindre.

Jusqu'ici, pour éviter les objections qu'on aurait pu faire contre l'emploi de la vapeur à 3 ou 4 atmosphères effectives, M. Puget a renoncé à tirer parti de tout le moteur, excédant celui qui est nécessaire aux filatures. L'aire du piston est beaucoup plus grande qu'il ne le faut, et la vapeur dans la chaudière excède à peine d'une atmosphère la pression atmosphérique. On voit qu'alors le terme $\frac{1}{p}$ devient $\frac{1}{2}$, ce qui réduit de $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{[illegible]}$ l'effet ci-dessus calculé. D'ailleurs le prix de la machine se trouve un peu augmenté. Ce désavantage est compensé par un peu plus de sécurité et par l'avantage d'habituer peu à peu les chauffeurs et

mécaniciens à la surveillance des machines à haute pression.

J'ai reconnu l'exactitude des principaux faits contenus dans ce rapport dans deux établissements appartenant à MM. Planchon à Saint-Hypolite. L'un est une filature de 44 tours chauffés, dont 42 mus par la machine. Dans le courant de la campagne écoulée le propriétaire a consommé moyennement 13q. m.,25 de houille par jour, y compris l'étouffage des cocons. Il faut ajouter que l'eau froide est très-abondante et que les fileuses en consomment largement : ce qui a accru la consommation de combustible.

La machine fait 50 tours en une minute, le piston a une course de 0m.,465 et un diamètre de 0m.,18. La chaudière est cylindrique et porte deux bouilleurs, le tout en tôle à double clouure; ses dimensions sont calculées pour une filature de 55 tours.

Dans l'autre filature le propriétaire n'a pu m'indiquer d'une manière précise la moyenne de sa consommation pour 24 tours chauffés, dont 22 mus par la machine, mais il m'a assuré qu'il avait eu de l'économie dans son chauffage et qu'il avait gagné tous ses frais de tournage.

Dans ces deux établissements on n'emploie la vapeur qu'à peine à 1 atmosphère de tension effective. On n'aurait d'ailleurs point d'emploi du superflu de la force motrice.

En résumé, je pense que cette application, tout à fait nouvelle, est de la plus grande utilité, et que, dans peu, tous les fabricants, éclairés sur leurs intérêts, adopteront des dispositions analogues. Cependant M. Puget, se trouvant au mi-

lieu des préjugés des filateurs, n'a encore placé qu'un petit nombre de ses appareils. Il serait peut-être à désirer, même dans l'intérêt public, qu'il fût encore, pendant quelques années, stimulé à les propager par la perspective d'un bénéfice exclusif. Autrement cette invention, d'une haute utilité, risquera d'être étouffée à sa naissance par l'esprit de routine, si son promoteur ne reste pas, pendant un temps suffisant, intéressé à la faire valoir et à la répandre.

Cette disposition n'a été jusqu'ici appliquée qu'aux filatures de soie. Il est facile d'indiquer dans ce cas l'emploi utile qu'on peut faire de l'excedant de la force motrice. On peut dans ce pays, où l'eau de surface est si rare et d'un si grand prix pour l'agriculture, s'en procurer par ce moyen une grande masse pour des irrigations, car c'est précisément pendant les mois de sécheresse que ces sortes d'usines sont en activité. Dans d'autres circonstances on peut faire mouvoir des moulins à farine, ressource d'autant plus utile que les cours d'eau sont desséchés à cette époque qui coïncide avec le moment de la récolte des céréales.

Enfin, partout où un cours d'eau sert de moteur, ce supplément de force gratuite peut servir à compenser son affaiblissement dans la saison sèche.

Quand cette disposition sera mieux appréciée, comment douter qu'elle ne produise une révolution dans les villes manufacturières où le combustible devient de plus en plus rare et cher. Partout où on emploie la vapeur comme moyen de chauffage, dans les ateliers de teintures, les brasseries, les papeteries, les édifices chauffés à la vapeur, même dans les établissements de bains dans

les grandes villes, on trouvera certainement mille moyens pour un d'utiliser un moteur presque gratuit, puisqu'il ne coûte que l'intéret de l'achat de la machine. Des industries de natures diverses s'accoleront les unes aux autres pour s'entr'aider réciproquement, et cette découverte fera peut-être faire un pas à l'esprit d'association en matière d'industrie.

LETTRES

Sur l'Amérique du Nord (1).

Par M. MICHEL CHEVALIER, Ingénieur des Mines.

(Extraits.)

I. *Travaux établis autour des mines d'anthracite de Pensylvanie.*

Les mines de charbon bitumineux du comté de Chesterfield, près de Richmond, en Virginie, sont liées au James-River par un petit chemin de fer praticable pour les chevaux seulement, qui a cinq lieues et un quart de long, et a coûté 200,000fr. par lieue, matériel compris. Une fois rendus au fleuve, les charbons sont distribués sur tout le lit-

(1) Paris, librairie de Charles Gosselin et comp, rue Saint-Germain des Prés, n. 9. 1836. — 2 vol. in-8°, avec une carte des Etats-Unis de l'Amérique.

A une époque où plusieurs de nos plus riches bassins houillers sont encore privés de voies de communication économiques, à l'aide desquelles seulement le combustible qu'on en extrait pourrait être amené sur les principaux lieux de consommation, il nous semble utile de reproduire les deux passages suivants de l'ouvrage de M. M. Chevalier. L'exemple des districts carbonifères du Susquehannah et de la Delaware, où la création de 289 lieues de canaux et de chemins de fer pendant les dix dernières années, vient de développer une extraction de 557,000 tonnes de combustible, indique assez l'avenir qui est réservé à nos bassins du Gard et de l'Aveyron quand ils seront mis en communication avec les vallées du Rhône et de la Garonne. R.

toral, en concurrence avec les houilles bitumineuses d'Angleterre et de la Nouvelle-Écosse.

Les gîtes d'anthracite de Pensylvanie ont donné lieu à une masse de travaux beaucoup plus considérable.

Aujourd'hui, tout le long du littoral, on n'emploie plus guère d'autre combustible pour les usages domestiques et pour les manufactures, que l'anthracite qui existe assez exclusivement dans un district assez borné de la Pensylvanie, parmi les montagnes situées entre le Susquehannah et la Delaware. Il dégage une chaleur plus vive et plus soutenue que celle du bois, qui d'ailleurs devenait cher, et convient mieux aux hivers rigoureux que l'on rencontre en Amérique par la latitude de Naples. Il l'emporte de beaucoup sur la houille bitumineuse, qui est presque la seule connue chez nous. Il brûle sans fumée; il est beaucoup plus propre qu'elle, il ne graisse pas les tentures et ne noircit pas les tapis. Rien n'est plus aisé que d'entretenir un feu d'anthracite; un foyer chargé deux ou trois fois par 24 heures, ne s'éteint jamais, même pendant la nuit. Les domestiques, dont il épargne le travail, le préfèrent; et, en cette matière, comme en plusieurs autres, leur avis est plus puissant que celui des maîtres. Son seul inconvénient est de répandre quelquefois une légère odeur sulfureuse. On s'en sert aussi avec succès sous les chaudières, et l'on commence même à le substituer au bois sur les bateaux à vapeur.

L'extraction d'anthracite est donc considérable. Divers canaux et chemins de fer ont été exécutés ou s'exécutent pour le conduire des mines aux centres de consommation.

Les lignes principales établies ou s'établissant pour desservir ces mines sont :

1° Le canal du Schuylkill, qui mène à Philadelphie les produits des mines voisines des sources du Schuylkill. Son développement, de Philadelphie à Port Carbon, où il commence, est de quarante-trois lieues et demie. Il a coûté en tout, avec des écluses doubles le plus souvent, 16,000,000 de francs, soit 372,080 fr. par lieue. Il donne 20 à 25 pour 100 de revenu net, et transporte 400,000 tonnes par an.

2° Le canal de Lehigh, qui amène à la Delaware les produits des mines situées aux sources du Lehigh. Il a dix-sept lieues et demie de long, et a coûté 8,300,000 fr., ou par lieue 474,000 fr.

3° Le canal latéral à la Delaware ; il part d'Easton, au confluent du Lehigh, et se termine à Bristol, à la tête de la navigation maritime. Il a vingt-quatre lieues de long, et a coûté 7,600,000 fr., ou 316,000 fr. par lieue.

Cet ouvrage a été exécuté par l'état de Pensylvanie.

4° Le canal Morris, qui part du même point d'Easton, et doit se terminer à Jersey-City, vis-à-vis de New-Yorck. Il sert à approvisionner le marché de New-York des charbons du Lehigh. Il se distingue en ce que la majeure partie des pentes y est rachetée, non comme à l'ordinaire, par des écluses, mais par des plans inclinés, dont le plus considérable a une élévation de 30^{m},50, et dont la manœuvre est très-simple. L'ouvrage a quarante-huit lieues et demie, non compris deux lieues qui restent à faire du côté de Jersey-City. Il coûte 226,000 fr. par lieue, environ 11,000,000 de francs en tout.

5° Le canal de l'Hudson à la Delaware qui mène dans la baie de Rondout, sur l'Hudson, près de Kingston, trente-six lieues au-dessus de New-York, l'anthracite des mines voisines de la Delaware. Ce charbon, arrivé des montagnes à Honesdale par un chemin de fer de six lieues et demie, entre là dans le canal qui a quarante-trois lieues. Le chemin de fer a coûté 1,600,000 fr., ou 250,000 fr. par lieue, avec son matériel. Le canal a coûté 12,600,000 fr., ou 293,000 fr. par lieue.

6° Le chemin de fer de Pottsville à Sunbury, qui doit conduire au Schuylkill canalisé les produits des mines situées dans le massif des montagnes, entre le Susquehannah et les sources du Schuylkill. Il est remarquable par des plans inclinés d'une extrême hardiesse; la pente de quelques-uns est de 25 et de 33 pour 100; ils sont desservis par des moyens ingénieux et économiques. La longueur de ce chemin est de dix-sept lieues trois quarts. Il coûtera environ 6,000,000 de fr., soit 338,000 fr. par lieue (1).

7° Le chemin de fer de Philadelphie à Reading, aujourd'hui en construction, qui fera concurrence à la canalisation du Schuylkill. Il aura vingt-deux lieues trois quarts, et coûtera avec le matériel 350,000 fr. par lieue environ. On se propose de le prolonger jusqu'à Pottsville; la distance de Pottsville à Reading est de quatorze lieues. On aurait alors un chemin de fer continu de cinquante-cinq lieues, entre Philadelphie et le centre de la vallée du Susquehannah.

Outre ces sept grandes lignes, diverses compa-

(1) Ce chemin de fer n'aboutit pas directement à Pottsville; il s'embranche, à une lieue environ de cette ville, sur le Mount-Carbon-Railroad.

gnies de mines ont établi une multitude d'autres chemins de fer de moindre importance qui viennent s'y embrancher. Il en avait été créé, à la fin de 1834, soixante-six lieues au prix de 6,000,000 de fr.; ce qui, joint aux deux cent vingt-trois lieues, et aux 71,300,000 fr. des sept communications précédentes, donne un total de deux cent quatre-vingt-neuf lieues, et de 77,300,000 fr.

II. *Progrès de l'exploitation de l'anthracite en Pensylvanie.*

En 1814, lorsque les Anglais tenaient les Américains bloqués dans leurs ports, et empêchaient la houille de Virginie d'arriver à Philadelphie par la voie de mer, qui était la seule praticable, quelques fabricants, qui avaient besoin de charbon, ayant entendu dire qu'il existait un gîte charbonnier près des sources du Schuylkill, en firent venir à grands frais quelques charretées; ils ne purent parvenir à l'allumer. L'un d'eux M. J.-P. Wetherill m'a dit qu'il avait profité d'un trou dans un champ, aujourd'hui couvert de rues, et qu'il y avait enterré l'anthracite pour s'en débarrasser. Le hasard fournit cependant une démonstration irrécusable de la combustibilité de l'anthracite. Un de ceux qui en avait acheté l'avait, en désespoir de cause, abandonné en tas près de sa maison. Une nuit il fut éveillé par une clarté assez vive et par des pétillements : c'était l'anthracite qui s'était embrasé. On répéta les essais, on apprit à manier l'anthracite : on construisit des fourneaux de forme plus appropriée à sa nature. Maintenant il sert à tous les usages domestiques. Au nord, sur le littoral, on ne consomme pas pas d'autres combustibles dans les cuisines et

dans les salons; on l'emploie dans un très grand nombre de fabriques pour chauffer des chaudières. On commence à s'en servir à bord des bateaux à vapeur. Sur *le Columbia*, qui va de New-York à Charleston, j'ai vu brûler de l'anthracite régulièrement. On ne brûle pas autre chose sur les bateaux qui vont de New-York à Jersey-City, de l'autre côté de l'Hudson. En 1836, le docteur Hott l'a essayé avec succès sur les bateaux à vapeur *Novelty*, entre New-York et Albany.

L'anthracite n'existe, au moins n'est exploité qu'en Pensylvanie, dans les montagnes comprises entre le Susquehannah et la Delaware. Il y a trois centres principaux d'exploitation; l'un aux sources du Schuylkill, l'autre à celles du Lehigh, le troisième à celles du Lackawaxen. Ces trois cours d'eau sont des affluents de la Delaware. Le tableau suivant montre quelle a été chaque année la quantité de tonnes d'anthracite extraites et conduites au marché depuis l'origine jusqu'à présent.

ANNÉES.	LEHIGH.	SCHUYLKILL.	LACKAWANA.	TOTAL.
1820	365	[illegible]	»	365
1821	1.073	»	»	1.073
1822	2.240	»	»	2.240
1823	5 823	»	»	5.823
1824	9 541	»	»	9.541
1825	28.393	5.306	»	33 699
1826	31.280	16.835	»	48.115
1827	32.074	29 492	»	61.566
1828	30.232	47.181	»	77 413
1829	25.110	78.293	7 000	111 403
1830	41.750	89.984	42.000	173.734
1831	40.965	81.854	54 000	176.819
1832	75 000	209.271	84.300	368 771
1833	124 000	250.588	111 777	486 365
1834	106.244	226 692	43.700	376 636
1835	138 000	339 508	80 000	557 508

APPLICATION

De l'air chaud et de la vapeur d'eau aux souffleries dans les forges de maréchaux (1).

M. Guenyveau, professeur de métallurgie à l'école des mines de Paris, propose, dans un ouvrage fort intéressant sur de nouveaux procédés métallurgiques, l'emploi d'un mélange d'air et *de vapeur d'eau* pour les souffleries des foyers d'affinerie. Il pense qu'on pourrait essayer l'usage de ce mélange avec espoir de succès. Nous nous empressons de faire connaître les résultats d'expériences qui ont été faites en Würtemberg avec ce mélange, dans les forges de maréchaux, et qui conduiront peut-être à les tenter aussi dans les foyers d'affinerie. Les détails que nous allons donner sont empruntés au n° 39, année 1835, de la feuille hebdomadaire du Würtemberg.

Ce journal décrit de la manière suivante l'appareil imaginé par M. Gross, maréchal-instructeur à l'école vétérinaire de Stuttgard :

« L'appareil dont se sert M. Gross est divisé en deux parties principales, dont l'une est destinée au chauffage de l'air, et l'autre au dégagement des vapeurs aqueuses conduites sur le foyer pour le vivifier.

» La première se forme d'une caisse en fer fondu de 2 pieds de hauteur, sur 1 pied $\frac{1}{2}$ de largeur, et 6 pouces de profondeur, posée de manière à fermer le fond du foyer contre lequel s'appuie le

(1) *Journal de l'industriel et du capitaliste*, par MM. A. Perdonnet, J. Burat, E. Flachat, nov. 1836, p. 300.

brasier. Le côté de cette caisse, exposé ainsi immédiatement à l'ardeur du feu, doit nécessairement avoir plusieurs pouces d'épaisseur, plus par en bas que par en haut, afin d'échauffer et de maintenir constamment l'air qui le traverse à une température convenable. Des feuilles de tôle divisent l'intérieur de cette caisse en plusieurs compartiments, afin que l'air puisse s'y échauffer également partout. Cependant les cloisons et les compartiments qu'elles forment sont disposés de manière à gêner le moins possible le passage de l'air, et ne point en diminuer la vitesse, ou, ce qui revient au même, à ne point exiger une augmentation de la force motrice du soufflet.

» Immédiatement au-dessous de cette première caisse calorifère se trouve la seconde, aussi en fonte de fer, de 8 pouces de profondeur, formant une chaudière à vapeur. En haut, vers la paroi postérieure, se trouve une ouverture pour y introduire de l'eau, et en dessous un tuyau avec un robinet pour la soutirer. Cette chaudière, placée dans la maçonnerie, doit dépasser la face de la caisse calorifère de quelques pouces, et avancer de cela vers le foyer, de manière à ce que le brasier repose dessus, et la chauffe à un degré suffisant pour en développer des vapeurs, qui sortent en haut par une petite ouverture, et sont conduites sur le feu en même temps que l'air chauffé.

» Les dimensions sus-indiquées sont calculées pour un appareil de grandeur moyenne, pesant environ 250 livres. Au reste, M. Gross a fait construire des appareils de trois dimensions différentes pour des forges plus ou moins importantes. Pour celles de la plus grande dimension, la caisse calorifère a 2 pieds ½ de hauteur, 2 pieds de lar-

geur et 9 pouces de profondeur; pour les plus petites, cette caisse n'est haute que de 12 pouces $\frac{1}{2}$, large de 10 pouces et profonde de 5 pouces, et tout l'appareil ne pèse que 95 livres. Les chaudières varient de même, et contiennent 8, 4, et 1 $\frac{1}{2}$ pots d'eau.

» Ces appareils pour foyers de forge, coulés et établis pour la fonderie royale de Wasseralfingen, royaume de Würtemberg, se vendaient chez M. G. Lachenayer, négociant à Stuttgard, aux prix suivants, savoir :

Première dimension.	50 à 55 florins.
Deuxième, *id.*	20 à 25
Troisième, *id.*	10 à 11

» En outre, on y établit aussi, sur commande, de ces appareils doubles, où les deux caisses calorifères ne présentent qu'un des côtés communs aux brasiers, et qui sont organisés de manière à pouvoir, moyennant une soupape, attiser chaque feu par un seul soufflet, ou *un seul feu* par les deux soufflets à la fois.

» Les avantages que procurent ces appareils se présentent confirmés par l'expérience, sous un double rapport : sous celui d'une économie en *charbon*, de 30 à 40 pour 100, et sous celui d'une économie de *temps* de 20 à 30 pour 100. En sus de cela, cette organisation des foyers de forge produit aussi un effet avantageux sur le fer même, en ce que, avec elle, il éprouve moins de déchet qu'avec le chauffage à l'air froid.

» En le comparant à d'autres, destinés au même usage, on verra que l'appareil de M. Gross se recommande particulièrement ;

» 1° Pour *la solidité* et la facilité de son application à chaque foyer de forge, parce qu'il est maçonné dans le massif de la maçonnerie, y remplaçant le *contre-cœur*, qu'il fait épargner tout-à-fait ;

2° Parce qu'il occupe *très-peu d'espace*, et qu'il ne gêne nullement le travail et les mouvements de l'ouvrier ;

3° Parce que l'air s'échauffe dans son intérieur, non-seulement très-vite, mais même à un très-haut degré. D'après les essais faits, un morceau de plomb introduit dans cette caisse calorifère s'y est fondu, ce qui annonce une chaleur de plus de 200° R.;

» 4° Parce qu'il n'exige qu'une très-petite augmentation de la force motrice du soufflet, toujours plus ou moins nécessaire quand l'air doit être poussé dans un labyrinthe de tuyaux recourbés fréquemment ;

5° Par la particularité de l'application de *la vapeur d'eau*. L'avantage que, par cet appareil, on retire de l'influence de la vapeur aqueuse a été mis hors de doute par l'expérience ; il a été constaté qu'elle produit encore une nouvelle économie de 10 pour 100 en charbon, et presque autant d'économie de temps ; que le fer devient meilleur et qu'il éprouve moins de déchet. Beaucoup d'ouvriers attentifs trouvèrent l'application de la vapeur aqueuse, non-seulement utile, mais même indispensable, ce qui a engagé M. Gross à augmenter d'un tiers la contenance de la chaudière, lorsqu'il confectionna ses derniers appareils. »

Il y a déjà cinquante de ces appareils en usage dans diverses forges.

CONSIDÉRATIONS

THÉORIQUES

Sur le ventilateur employé comme machine soufflante, et comme turbine à gaz;

Par M. BURDIN, ingénieur en chef des mines.

Les Annales des mines (2ᵉ livraison de 1835) font mention d'un ventilateur qui lance l'air dans un cubilot de la fonderie de MM. James Martin et fils, à Rouen; comme jusqu'à présent on n'a pas exposé la théorie d'un pareil soufflet, je vais essayer d'en dire quelques mots, en la rattachant à celle des turbines hydrauliques.

1. Roues ou machines hydrauliques dont le mode d'action est analogue à celui du ventilateur.

On sait que dans la machine hydraulique dite roue à poire, et dans la danaïde, une chute d'eau *mgh* produit son maximum d'effet en entrant sans choc avec la vitesse $\sqrt{2g\frac{h}{2}}$, égale à celle de la circonférence décrite par le point où ce liquide est reçu, et en sortant en repos au centre de ces roues, (la vitesse $\sqrt{2g\frac{h}{2}}$ se trouvant éteinte insensiblement par l'effet de la force centrifuge, au fur et à mesure que le fluide se rend de la circonférence à l'axe).

La machine à élever de l'eau, dite à force centrifuge, présente un raisonnement inverse, puisque le liquide se rend du centre à la circonfé-

rence d'un rayon R, en acquérant par degrés insensibles une vitesse rotatoire $R\omega$, en même temps qu'il fait équilibre à sa pesanteur, ou qu'il pousse devant lui sur un plan incliné une colonne ascendante avec un effort $\Sigma\omega^2 rdm = \omega^2\Sigma rdr = \frac{\omega^2 R^2}{2}$, (la section du tuyau montant étant l'unité, ainsi que la densité de l'eau, et la force centrifuge de l'élément dm ou dr étant égale, comme on sait, au quarré de la vitesse angulaire ω multiplié par sa distance r à l'axe de rotation).

Si la vitesse $R\omega$ de l'extrémité supérieure de la colonne liquide ascendante gh' est égale à $\sqrt{2gh'}$, l'eau n'aura à sa sortie que la seule vitesse circulaire et horizontale $R\omega$, et par suite la machine aura produit la moitié de son effet maximum (le tuyau montant présentant un orifice d'écoulement très-petit par rapport à sa section).

Pour ω infini, la vitesse d'écoulement $\sqrt{-2gh' + \omega^2 R^2}$ devient $R\omega$, et par suite égale à celle rotatoire : donc en recourbant le tuyau montant en sens contraire de cette vitesse $R\omega$, on obtiendra alors la sortie de l'eau sans vitesse, et par suite un effet maximum.

En un mot, un tuyau horizontal droit ou courbe, étant constamment rempli de l'eau fournie par le cylindre vertical auquel il est adapté, dépensera en tournant avec la vitesse angulaire ω un moteur ou quantité d'action $m\frac{R^2\omega^2}{2} + m\frac{R^2\omega^2}{2}$, si l'écoulement de la masse m d'eau a lieu à la distance R de l'axe, et dans le prolongement de

ce rayon ; un moteur $m\frac{R^2\rho^2}{2} - m\frac{R^2\omega^2}{2}$, ou nul, si le tuyau à son extrémité est recourbé en sens contraire de la vitesse circulaire $R\omega$; enfin un moteur $4m\frac{R^2\omega^2}{2}$, si le recourbement a lieu en sens opposé à celui ci-dessus, en communiquant ainsi à l'eau une première vitesse de rotation $R\omega$, et une deuxième $R\omega$ dans le sens du tuyau, laquelle s'ajoutant à la première donne lieu finalement à une vitesse absolue $R\omega + R\omega$, et par suite à une force vive $\frac{m}{2}(R\omega + R\omega)^2$.

Avant de rappeler ici quelques-uns des calculs exposés à la suite de mon mémoire sur les turbines hydrauliques, approuvé par l'Institut le 18 avril 1824, dans lequel je démontrai directement, ou indépendamment du principe des forces vives, que dans un canal courbe quelconque tournant autour d'un axe, la force centrifuge communiquait ainsi deux vitesses $R\omega$ à l'eau, l'une de rotation, et l'autre de translation dans le canal en question, en exigeant 2 quantités d'action chacune égale à $m\frac{R^2\omega^2}{2}$, lorsque la sortie de l'eau se faisait dans un plan contenant l'axe de rotation, je passe au ventilateur, premier objet de ce mémoire.

2. Calcul du ventilateur de Rouen.

Sans doute une molécule d'air isolée, introduite dans un ventilateur ou canal courbe tournant autour d'un axe, se conduira évidemment comme une molécule d'eau, en prenant les deux vitesses égales $R\omega$ ci-dessus ; mais il n'en sera plus de même, s'il s'agit d'un courant de gaz élastique reçu dans la machine en question

En effet, comme le fluide ira en se comprimant du centre à la circonférence, sa pression p vers cette circonférence ne sera donc plus $p = \Sigma r\omega^2 dr = \frac{R^2\omega^2}{2}$, comme lorsque la densité constante est égale à 1 ; et par suite la vitesse d'écoulement, due à cette pression p, ne sera plus $\sqrt{2\frac{R^2\omega^2}{2}}$, ou égale à la vitesse de rotation $R\omega$.

On a, pour déterminer cette pression croissante p (*voy.* Mécanique de Poisson) l'équation différentielle $dp = \rho\omega^2 r dr$ (ρ étant la densité croissante du fluide et égale à $\frac{p}{K(1+0{,}00375\times x)}$, pour un nombre x de degrés du thermomètre centigrade, et pour $K = 7954{,}16 \times g$.

Intégrant dans la supposition de $x = 10^\circ$, et depuis $r = 0$, où $p = 0^m{,}76 \times gD$; c'est-à-dire la pression atmosphérique, on aura en logarithmes ordinaires

$$\left(\frac{p}{0{,}76\times gD}\right) = \frac{\omega^2 R^2}{2{,}3\times 2(7954{,}16)\times g\times(1{,}0375)} = \frac{\omega^2 R^2}{373208}$$

ou bien

$$\text{Log.}\ (h+0{,}76) = \text{log.}\ (0{,}76) + \frac{\omega^2 R^2}{373208}$$

(h étant la hauteur en mètres du manomètre à mercure fixé à la circonférence du ventilateur). Appliquant le calcul aux palettes du ventilateur de Rouen, on a $R = 0^m{,}67$; $\omega = 63$ mètres, en supposant 10 tours par seconde; $R^2\omega^2 = 42\times 42 = 1864$, et $\frac{R^2\omega^2}{373208} = 0{,}00484$.

La hauteur $h+0{,}76$ ayant pour logarithme $-2+1{,}88081+0{,}00484=-2+1{,}88565$, est donc égale à $0{,}7685$; ce qui donne $0^m{,}0085$ pour la hauteur du manomètre à mercure, en négligeant, ce qui est à peu près permis, l'excès de chaleur dû dans ce cas à la compression. La vitesse de l'air lancé serait égale à celle due à cette pression ajoutée à $R\omega$, ou égale à 84 mètres environ, s'il n'existait pas de tuyaux de conduite plus ou moins longs, et si le jet d'air avait lieu sans frottement par de petites ouvertures, de manière à ce que les filets fluides lancés se trouvassent tous à peu près tangents à une circonférence passant par l'extrémité des palettes mobiles.

Sans pousser plus loin ces calculs qu'il conviendrait de refaire avec la machine sous les yeux, ou sur des données certaines et pour x variable, on conclura de ce qui précède que le ventilateur employé comme soufflet ne dépense pas en général autant de force motrice que les cylindres à piston, puisque ces derniers, pour une vitesse $\sqrt{2gh\frac{D}{d}+\omega R}$ à communiquer au fluide, sont obligés d'opérer en pure perte une compression préalable susceptible de fournir la vitesse ci-dessus, tandis que la machine qui nous occupe n'a besoin d'opérer dans le même cas que celle gh D, ou d'élever le manomètre de h, (D et d étant les densités du mercure et du gaz lancé), tout en évitant d'ailleurs des soupapes, des variations dans le jet d'air, des frottements divers, ou autres inconvénients. **3. Conséquence du calcul précédent.**

En résumé, le ventilateur, il est vrai, exigera une vitesse rapide et uniforme, et donnera lieu à un frottement de l'air dans le tambour fixe, d'au-

tant plus grand que ses ailes auront moins de largeur et plus de longueur; mais le gaz qu'il lancera, étant moins comprimé, entraînera donc une perte de moteur moins considérable que les pistons ordinaires.

Dans tous les cas, un ventilateur en tôle recouverte d'argile pourrait être au besoin placé au milieu du foyer dont on veut activer le feu; dans cette position (le tambour fixe étant ouvert sur toute sa circonférence), l'air préalablement échauffé se jetterait sur les charbons ardents, à la simple pression atmosphérique à très-peu près, et par conséquent sans produire du froid par sa dilatation, et sans nécessiter un moteur plus grand que celui correspondant à la demi-force vive due à sa vitesse.

Le ventilateur qui vient de nous occuper conduit naturellement à parler de questions plus ou moins analogues, ou à examiner des problèmes dépendants de calculs plus ou moins semblables.

4. Ventilateur employé comme turbine à air ou à gaz.

Si par analogie avec ce qui se pratique dans la mise à profit des chutes d'eau, on songeait à faire travailler de la vapeur fournie par une chaudière à une certaine pression, ou de l'air sortant d'un foyer de chaleur et de dilatation, non pas au moyen des pistons ordinaires, mais bien en laissant d'abord prendre à ces gaz, à travers des orifices d'écoulement, des vitesses $\sqrt{2gh\frac{D}{d}}$, (h étant la différence des hauteurs manométriques à l'entrée et à la sortie des orifices ci-dessus, $\frac{D}{d}$ étant le rapport des densités du mer-

cure et des gaz comprimés), puis en profitant de la quantité de mouvement ou demi-force vive ainsi produite, à l'aide d'un ventilateur, turbine, roue à palettes, roue à réaction, ou autre machine. Dans ce cas l'effet dû à la détente du gaz ne se trouverait point toujours réalisé, puisque les particules fluides mises en mouvement gardent cette portion du moteur, représentée par la tension ou cette force d'expansion avec laquelle elles s'éparpillent ou se dilatent dans tous les sens, en quittant leurs orifices. (*Voir* la note (1) à la fin du mémoire.)

Des exemples vont faire mieux comprendre cette perte qui, jointe à la grande vitesse et par suite aux grands frottements dans l'air ambiant des appareils ci-dessus, a rendu jusqu'à présent les pistons préférables pour la mise à profit comme moteurs des gaz comprimés.

Le moteur fourni par un mètre cube d'air chassé à o de température et à la pression de 4 atmosphères, à travers un foyer où il quadruple de volume en s'échauffant de 800°, est égal, comme on va voir, à $30.992 + 16.702 = 47.694^{k \times m}$, lorsqu'on reçoit son action directe, puis sa détente sur un piston (le nombre $16.702^{k \times m}$ étant d'ailleurs réduit de la quantité voulue à cause du froid produit par cette détente).

Si maintenant on introduisait ce mètre cube d'air, non sur un piston, mais bien par des orifices étroits *a* (*Pl. XIII*, *fig.* 1), tangentiellement à la circonférence du tambour fixe d'un ventilateur, ou perpendiculairement à l'extrémité des ailes intérieures ou des palettes mobiles *b* de ce dernier; dans ce cas la vitesse d'entrée du gaz dont il s'agit sera

$\sqrt{2g(H-H')\frac{D}{d}}$, (H et H′ étant les hauteurs du manomètre à mercure à l'extérieur et à l'intérieur du tambour, et $\frac{D}{d}$ étant le rapport des densités du mercure et de l'air à $(H+0,76)gD$, ou 4 atmosphères, de pression, et à 800° de température) (*Voir* la note (1.) .

5. Conditions de l'entrée de l'air sans choc et de sa sortie sans vitesse, exprimée par le calcul.

Or en écrivant que les extrémités des palettes où arrive l'air ont une vitesse $R\omega$ égale à $\sqrt{2g\times(2,28-H')\frac{D}{d}}$, et déterminant d'ailleurs $R\omega$ comme tout à l'heure, c'est-à-dire par la condition que la force centrifuge depuis le centre à la circonférence fera équilibre à la pression $H'gD$, ou fera sortir l'air en repos au centre de la roue, on aura, comme on va voir, une équation renfermant t', H′ et des quantités connues; laquelle servira donc à déterminer H′.

En effet t' est donnée à chaque point du rayon R par cette autre équation de M. Poisson :

$$t' = (266,67 + t)\left(\frac{\rho}{d}\right)^{0,375} - 266,67,$$

(t égal à 800° dans ce cas, étant la température primitive de l'air comprimé qu'on reçoit dans le tambour du ventilateur, et qui se porte de la circonférence au centre en se dilatant et en se refroidissant, d étant la densité primitive de ce même air, et ρ, comme on a vu, exprimant la densité quelconque du gaz à la distance r de l'axe).

Or l'équation

$$266,67 + t' = (266,67 + t)\left(\frac{\rho}{d}\right)^{0,375}$$

change en celle-ci :

$$+0,00375\,t')\,266,67=(1+0,00375\,t)\,266,67\times\left(\frac{\rho}{d}\right)^{0,375}.$$

t par suite en cette autre :

$$+0,00375\,t' = (1+0,00375\,t)\left\{\frac{\frac{p}{K(1+0,00375t')}}{\frac{\Pi}{K(1+0,00375\,t)}}\right\}^{0,375}$$

Lorsqu'on substitue aux densités ρ et d, leurs aleurs en fonction de la pression quelconque p et de la pression primitive Π, et en fonction des empératures t' et t.

De l'équation ci-dessus on tire

$$1+0,00375\,t' = (1+0,00375\,t)\left(\frac{p}{\Pi}\right)^{\frac{0,375}{1,375}}$$

Substituant cette valeur dans l'égalité

$$dp = \rho\omega^2 rdr = \frac{\omega^2 prdr}{K(1+0,00375\,t')}$$

qui, comme on a vu, sert à déterminer la pression décroissante ou variable p, il viendra

$$dp\times p^{-\frac{1}{1,375}} = \frac{\omega^2\times\Pi^{\frac{0,375}{1,375}}\times rdr}{K\times(1+0,00375\,t)}.$$

Intégrant, on aura

$$\frac{p^{1-\frac{1}{1,375}}}{1-\frac{1}{1,375}} = \frac{\omega^2 r^2\times\Pi^{\frac{0,375}{1,375}}}{2\,K\times(1+0,00375\,t)}+C$$

ou bien

$$p^{\frac{0,375}{1,375}} = \frac{0,375\ \Pi^{\frac{0,375}{1,375}} \times \omega^2 R^2}{2 \times 1,375 \times K\ (1+0,00375\,t)} + (0,76\ gD)^{\frac{0,375}{1,375}}.$$

Comme Π, ou la pression primitive, $= (H + 0,76)\,g\,D$, et que pour $r = 0$, on a $p^{\frac{0,375}{1,375}} = (0,76 \times gD)^{\frac{0,375}{1,375}}$ au centre de la machine ou du ventilateur, il viendra, en remplaçant p par $(H' + 0,76)\,gD$, et en supprimant dans les deux membres le facteur commun gD,

$$(H' + 0,76)^{\frac{0,375}{1,375}} = \frac{0,375}{1,375} \times \frac{(H + 0,76)^{\frac{0,375}{1,375}}}{(1+0,00375\,t)} \times \frac{\omega^2 R^2}{2K} + 0,76^{\frac{0,375}{1,375}}.$$

Substituant maintenant à $R\omega$, ou à la vitesse de l'extrémité des ailes du ventilateur, sa valeur $\sqrt{2g(H-H')\frac{D}{d}} = \sqrt{2K\frac{(H-H')}{(H+0,76)}(1+0,00375\,t)}$, $\frac{D}{d}$, ou le rapport des densités du mercure à o, et de l'air à t degrés, étant dans le cas de la présente pression $(H + 0,76)\,gD$, ci

$$\frac{13,6}{\frac{1}{770} \times \frac{(H+0,76)}{0,76 \times (1+0,00375\,t)}} = \frac{7954,16\,(1+0,00375\,t)}{H+0,76}$$

il viendra en définitive, pour déterminer la valeur H', et par suite la vitesse $R\omega = \sqrt{2g(H-H')\frac{D}{d}}$, avec laquelle le fluide doit entrer, ou avec laquelle les extrémités des palettes du ventilateur doivent se mouvoir pour que, comme dans les

turbines hydrauliques, le gaz dont il s'agit entre sans choc et sorte sans mouvement, en produisant son maximum d'effet, diminué de sa détente à l'orifice d'entrée,

$$\text{ci} \quad (H'+0{,}76)^{0{,}273} = 0{,}273\frac{(H+0{,}76)^{0{,}273}\times(H-H')(1+0{,}00375\,t)}{(H+0{,}76)\,(1+0{,}00375\,t)} +$$

$$+ (0{,}76)^{0{,}273} = \frac{0{,}273\,(H-H')}{(H+0{,}76)^{0{,}727}} + 0{,}92789$$

ou en prenant les logarithmes,

$$0{,}273\log.(H'+0{,}76) = \log.\left(\frac{0{,}273\,(H-H')}{(H+0{,}76)^{0{,}727}} + 0{,}92789\right) =$$

$$= \log.(0{,}1215\,(2{,}28-H') + 0{,}92789)$$

pour la valeur particulière $H + 0{,}76 = 3^m{,}04$.

Après quelques essais ou tâtonnements, on trouve que l'équation ci-dessus est à très-peu près satisfaite pour $H' = 0^m{,}734$; ce qui donnera

$$R\omega = \sqrt{1{,}546\times 7954{,}16\times 2g\times\frac{4}{3{,}04}} = 563^m{,}2.$$

Pour une très-petite valeur de H, ($0^m{,}04$ par exemple), la même équation donnerait pour H' près de la moitié de H, savoir : $0^m{,}0198$ environ.

Sans doute l'exposant 0,375, qui provient de la formule $t' = (266{,}67+t)\left(\frac{\rho}{d}\right)^{0{,}375} - 266{,}67$, est un peu incertain, ou ne repose pas sur des expériences aussi répétées qu'on le désirerait; mais à l'inspection des équations ci-dessus, on s'aperçoit que les variations de cet exposant auront très-peu d'influence sur la valeur de H', attendu que le dernier terme $(0{,}76)^{0{,}273}$ du deuxième logarithme ci-dessus sera toujours très-grand par rapport au

premier terme $0,273 \frac{(H - H')}{(H + 0,76)}$ 0,727.

6. **Effet du ventilateur ci-dessus, recevant le gaz sans choc et le rendant sans vitesse à la pression ordinaire.**

Multipliant maintenant $R^2\omega^2 = 317420,3$ par $1^k,3$, et divisant par la pesanteur $g = 9^m,808$, on aura $42.069^{k \times m}$ pour l'effet dû à un mètre cube d'air ordinaire à 0, pesant $1^k,3$, qu'on introduirait dans le ventilateur, après l'avoir comprimé à 4 atmosphères et après l'avoir chauffé à 800°.

Cet effet $42.069,23^{k \times m}$ doit être inférieur à celui $47.694^{k \times m}$ qu'on va obtenir avec un piston : en effet dans ce cas, l'air en passant de la pression H à celle H', après être entré dans le ventilateur par l'orifice *b*, éprouve une détente inutile au but qu'on se propose ; ce qui, d'après le principe des forces vives, doit occasionner une perte de force, à moins que l'on ne puisse remédier à cet inconvénient par l'entrée (*fig.* 4). (*Voir* la note (2.)

Pour comprendre, indépendamment de la démonstration qui en a été donnée par le principe des forces vives, qu'une quantité de mouvement $mR\omega$, possédée par un mobile m, à la circonférence d'un ventilateur, communique une quantité d'action $mR^2\omega^2 = m\int \omega r \times \omega dr$ à la machine avant d'arriver au centre, il faudrait poser les équations du mouvement d'un tel mobile en coordonnées polaires r et θ (cette dernière quantité θ égale à ωt, ou proportionnelle au temps t, étant l'angle fait par le rayon vecteur r avec l'axe des y.) (*fig.* 2).

Comme $x = r \sin. \theta$, et $y = r \cos. \theta$, on aura, en différentiant :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dr}{dt} \sin. \theta + \omega r \cos. \theta,$$

et

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dr}{dt} \cos.\theta - \omega r \sin.\theta.$$

puis on aura

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2r}{dt^2} \sin.\theta + 2\omega \frac{dr}{dt} \cos.\theta - \omega^2 r \sin.\theta = \varphi \cos.\theta - \varphi' \sin.\theta.$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{d^2r}{dt^2} \cos.\theta - 2\omega \frac{dr}{dt} \sin.\theta - \omega^2 r \cos.\theta = -\varphi \sin.\theta - \varphi' \cos.\theta.$$

($m\varphi$ étant la force perpendiculaire au rayon vecteur r, à laquelle donne lieu la masse m, au fur et à mesure qu'elle gagne le centre en perdant petit à petit la vitesse $R\omega$, et $m\varphi'$ étant la force agissant suivant le rayon r). Multipliant par cos. θ et sin. θ, et retranchant l'une de l'autre les équations ci-dessus, on a $2\varphi = 4\omega \frac{dr}{dt}$; en les élevant au carré et les ajoutant, on a aussi

$$\varphi^2 + \varphi'^2 = \left(\frac{d^2r}{dt^2} - r\omega^2\right)^2 + 4\omega^2 \left(\frac{dr}{dt}\right)^2$$

ou bien $$\frac{d^2r}{dt^2} - r\omega^2 = -\varphi',$$

résultat auquel on arrive également en multipliant la première équation par sin. θ, et la deuxième par cos. θ, et en les ajoutant ensuite.

Ainsi, comme on voit, le mobile m, animé à chaque instant de la vitesse circulaire $r\omega$, exercera successivement sur la palette du ventilateur un effort autour de l'axe, $m\varphi = 2m\omega\frac{dr}{dt}$, lequel, multiplié par l'espace décrit $r\omega dt$, et intégré, donnera la quantité d'action $mR^2\omega^2$ posée plus haut.

Cet effort au reste $2m\omega dr$ est la différentielle du moment $m\omega r \times r$ de la quantité de mouvement $m\omega r$ qui a lieu à chaque instant autour de l'axe, divisée par le bras de levier $r+dr$.

Si, pour plus de généralité, on supposait courbes les palettes du ventilateur, ou si le mobile m gagnait le centre dans un canal de forme quelconque tournant uniformément autour d'un axe fixe vertical, on aurait (*fig.* 3) :

$$x=r\cos.(\omega t+box')=r(\cos.\omega t\cos.box'-\sin.\omega t\sin.box')=x'\cos.\omega t-$$
$$y=r\sin.(\omega t+box')=\text{———————————————}=x'\sin.\omega t+$$

x' et y' étant les coordonnées du canal courbe qui tournent avec ce dernier autour de l'axe des z, et $\cos.\,box'$ et $\sin.\,box'$ étant égaux à $\frac{x'}{r}$ et $\frac{y'}{r}$.

Arrivant par la différentiation, et comme tout à l'heure, aux valeurs $\frac{d^2x}{dt^2}=\varphi\cos.\,bdo$, et $\frac{d^2y}{dt^2}=-\varphi\sin.\,bdo$, et remarquant que

$$\cos.(bdo+\omega t)=\cos.bfo=\frac{gf}{bf}=\frac{y'\frac{dy'}{dx'}}{y'\sqrt{1+\frac{dy'^2}{dx'^2}}}=\cos.bdo\cos.\omega t-\sin.$$

tandis que

$$\sin.(bdo+\omega t)=\frac{1}{\sqrt{1+\frac{dy'^2}{dx'^2}}}=\sin.bdo\cos.\omega t+\cos.bdo\sin.\omega t$$

on aura

$$\cos.\,bdo=\frac{dy'}{dx'}\,\frac{\cos.\,\omega t+\sin.\,\omega t}{\sqrt{1+\frac{dy'^2}{dx'^2}}},$$

et

$$\sin. bdo = -\frac{dy'}{dx'} \frac{\sin. \omega t + \cos. \omega t}{\sqrt{1+\frac{dy'^2}{dx'^2}}}.$$

Maintenant en multipliant les valeurs $\frac{d^2x}{dt^2}$ et $\frac{d^2y}{dt^2}$, la première par sin. *bdo*, et la deuxième par cos. *bdo*, puis en les ajoutant pour éliminer φ, il vient:

$$\frac{d^2x'}{dt^2} dx' + \frac{d^2y'}{dt^2} dy' - \omega^2 x' dx' - \omega^2 y' dy' = 0.$$

ou

$$\frac{dx'^2+dy'^2}{dt^2} = \frac{ds'^2}{dt^2} = \omega^2 x'^2 + \omega^2 y'^2 = \omega^2 r^2 + c = u'^2 + \omega^2 (R^2 - R'^2),$$

pour la vitesse suivant le canal courbe.

Et multipliant par cos. *bdo* et sin. *bdo* les mêmes valeurs de $\frac{d^2x}{dt^2}$ et $\frac{d^2y}{dt^2}$, puis retranchant, il viendra $2\varphi = 4\omega\frac{dr}{dt}$: toujours en confirmation de ce qui a été dit.

Avant de continuer les calculs qui précèdent ainsi que leurs applications, il convient de comparer l'effet obtenu ci-dessus, $42.069^{k} \times^{m}$, avec celui qu'on retirerait au moyen d'un piston ordinaire du même volume d'air chaud et comprimé.

7. Effet précédent du ventilateur ou de la turbine à air, comparé à celui du piston.

Soit p la pression exercée sous ce piston, on aura $p = K\rho(1 + 0{,}00375\, t)$, comme il a été dit.

Maintenant si le même piston, placé à la hauteur initiale E dans un cylindre dont la base est A, s'élève d'une quantité x, la pression au-dessous ne sera plus p, mais bien une certaine quantité

$p' = K\rho'(1 + 0{,}00375\, t')$ (ρ' et t' étant la nouvelle densité et la nouvelle température du gaz). Ainsi on aura

$$p : p' :: \rho(1+0{,}00375\, t) : \rho'(1+0{,}00375\, t'),$$

et comme les densités ρ et ρ' sont évidemment en raison inverse des volumes AE et A(E+x), ou bien comme on a

$$\rho' = \rho \frac{E}{E+x},$$

il vient, pour la pression exercée sous le piston à un instant quelconque de son ascension,

$$p' = p \frac{E}{E+x} \times \frac{(1+0{,}00375\, t')}{(1+0{,}00375\, t)}.$$

mais on a (n° 5) $266{,}67 + t' = (266{,}67 + t)\left(\frac{\rho'}{\rho}\right)^{0{,}375}$, ou en divisant par 266,67, ci

$$\frac{1+0{,}00375\, t'}{1+0{,}00375\, t} = \left(\frac{E}{E+x}\right)^{0{,}375}$$

et par suite $p' = p\left(\frac{E}{E+x}\right)^{1{,}375}$

(On aurait eu $\frac{\rho'}{\rho} = \frac{E}{E-x}$, et $p' = p\left(\frac{E}{E-x}\right)^{1{,}375}$, dans le cas où le piston, abaissé au lieu d'être soulevé, comprimerait de l'air ordinaire au-dessous de lui).

Intégrant maintenant $\int A p' dx - \int A \times 0{,}76 \times \times 13.593^{kil.} \times dx$ (ce dernier terme étant dû à la pression atmosphérique qui s'oppose à l'ascension du piston), il viendra

$$Ap\int\left(\frac{E}{E+x}\right)^{1,375}dx - 10.331^{k}\times Ax,$$

ou bien

$$-\frac{ApE^{1,375}}{0,375}\times\frac{1}{(E+x)^{0,375}} - 10.331^{k}\times Ax + \text{const.}$$

Comme pour $x = 0$ la quantité d'action exprimée ci-dessus se trouve nulle, on aura

$$-\frac{ApE^{1,375}}{0,375\,(E+x_{1})^{0,375}} - 10.331\ Ax_{1} + \frac{ApE}{0,375}$$

pour l'effet produit par l'ascension du piston à la hauteur x_{1}, et cette intégrale serait devenue

$$\frac{ApE^{1,375}}{0,375\,(E-x_{1})^{0,375}} - Apx_{1} - \frac{ApE}{0,375}$$

dans le cas de la compression d'un volume d'air ordinaire à la pression p.

En supposant que la détente de l'air ait été poussée jusqu'à la pression atmosphérique, ou que le piston ci-dessus se soit élevé jusqu'au moment de se trouver en équilibre entre la pression au-dessous de lui et celle au-dessus, on aura

$$10.331^{k} = p\left(\frac{E}{E+x_{1}}\right)^{1,375}$$

et par suite,

$$x_{1} = E\left(\frac{p}{10.331}\right)^{0,7273} - E$$

(x_{1} étant alors la course effectuée).

Soit $A = 1^{mm}$, $E = 1^{m}$, $p = 4\times 10.331$ kilog., et par suite $x_{1} = 4^{0,727} - 1 = 1^{m},744$, la quan-

tité d'action qui répondra à la détente jusqu'à la pression atmosphérique de ce mètre cube d'air comprimé, avec une diminution de chaleur de 336°, sera alors

$$-109870\frac{1}{(2,744)^{0,475}}-(1,744)10331+109870=16.702^{k\times m}$$

à peu près.

Si à cette quantité on ajoute 30.992$^{k\times m}$ dus à l'action directe du mètre cube comprimé dont il s'agit, qui soulèvera le piston d'un mètre avant que la détente ne commence ; on aura 30.992 + + 16.702 = 47.694$^{k\times m}$, pour l'effet total produit par le gaz, au lieu des 42.069$^{k\times m}$ qu'on vient de trouver avec le ventilateur, en faisant abstraction dans les deux cas des frottements et autres pertes de force.

Ainsi le rapport des effets produits par le piston et le ventilateur est 47.694 : 42.069 ; mais il ne faut pas oublier qu'en adoptant ce dernier nombre on aura négligé d'augmenter, par un ajutage convenable, la vitesse d'entrée $\sqrt{2g(\mathrm{H}-\mathrm{H}')\frac{\mathrm{D}}{d}}$ du gaz comprimé, ajutage (*fig.* 4) qui doit suivant toute vraisemblance ; ses dimensions étant bien établies par le raisonnement et l'expérience, mettre à profit jusqu'à un certain point la détente du gaz, et faire servir la pression HgD (que gardent au premier instant ses molécules injectées dans le ventilateur) à fournir un excédant de vitesse ou de force vive égal à 47694$^{k\times m}$ — 42069$^{k\times m}$ (*Voir* note (2)).

D'ailleurs on ne confondra point l'ajutage en

question avec celui conique et divergent, qui augmente la dépense d'eau en minces parois de plus du double, ou comme 2,4 : 1, il est vrai, mais en diminuant la force vive du liquide écoulé, laquelle force vive sert à accélérer la vitesse vers la petite base du cône en question, dans lequel, en réalité, l'eau aspire ou tire après elle de l'eau.

Si au lieu de gaz comprimé on injectait dans la turbine qui nous occupe de l'eau tombant de la hauteur h, ou animée de la vitesse $\sqrt{2gh}$; dans ce cas, le masse liquide m', pour entrer sans choc et sortir sans vitesse, devrait donner lieu à une pression intérieure $H' = \frac{H}{2}$, au lieu de celle $0^{m},734$, ou faire, dans un plan horizontal, un angle de 45° avec l'extrémité du rayon R, de manière à prendre ainsi deux vitesses égales, savoir $\sqrt{2gh} \times \sin.45° = \sqrt{2g\frac{h}{2}}$ et $\sqrt{2gh} \times \cos.45°$, la première égale à celle de la palette, et destinée à s'éteindre le long de cette dernière en fournissant un effet $m'2g\frac{h}{2} = m'gh$, comme on a vu; et la deuxième perpendiculaire à la première, ou dirigée suivant la palette et le rayon R, qui servira à surmonter la force centrifuge, en faisant arriver l'eau à son orifice central. 8. Remarques diverses et but des calculs précédents.

En un mot, cette machine serait analogue, soit à la turbine à réaction d'Ardes (3e livraison de ces Annales, année 1828), où la masse liquide m entre sans choc au milieu de sa chute h, avec une vitesse $v = \sqrt{2g\frac{h}{2}}$, pour produire ensuite vers ses quatre orifices d'évacuation A un

effort ou réaction $4\,A v \times v = mv$, ou un effet $mv \times v = 2\,mg\frac{h}{2} = mgh$. Soit à une autre roue construite tout récemment près de Bourg-Lastic, où l'eau reçue à la moitié de sa chute, comme tout à l'heure, dans la cuve (*fig.* 5), avec une vitesse horizontale $\sqrt{2g\frac{h}{2}} = R\omega$, vient ensuite sortir au milieu de cette cuve haute de $\frac{h}{2}$, après avoir perdu sa vitesse de rotation $R\omega$, comme dans la roue à poire, il est vrai, mais sans frottement sur des courbes ou parois extérieures immobiles, et en exerçant contre les cloisons intérieures et méridiennes de la machine l'effet dynamique

$$\int 2m\omega\frac{dr}{dt} \times \omega r dt = mR^2\omega^2 = 2\,mg\,\frac{h}{2} = mgh,$$

comme on l'a démontré précédemment.

Ainsi, comme on voit, le gaz injecté dans notre ventilateur ne se conduit pas tout à fait comme de l'eau, à cause de sa dilatation depuis la circonférence jusqu'au centre, laquelle dilatation diminue l'intégrale $\int \rho\omega^2 r dr$, ou la pression exercée en vertu de la force centrifuge par la colonne horizontale d'une longueur R, circonstance qui accroît la vitesse pour les turbines à air dans un plus grand rapport que pour celles hydrauliques, en laissant d'ailleurs, conformément au principe des forces vives, l'effet produit toujours au-dessous du maximum (la détente éprouvée par le fluide qui passe subitement, et en s'éparpillant dans tous les sens, de la pression H à celle H' après son entrée dans

la machine, étant alors une quantité d'action perdue).

Maintenant en supposant que l'air introduit dans le ventilateur se refroidît d'après la loi $t' = (266,67 + t)\left(\frac{d'}{d}\right)^{0,375} - 266,67$, la valeur H' calculée précédemment devra se trouver plus grande encore et la vitesse de la roue plus petite (la colonne horizontale d'une longueur R sollicitée par la force centrifuge ayant alors augmenté en densité par le refroidissement), d'où résultera évidemment un effet produit inférieur à celui d'auparavant.

Pour vérifier ceci par le calcul, soit de l'air introduit à la température t' dans un ventilateur dont les parois laissent entrer du calorique extérieur pour réparer les pertes intérieures, ou maintenir une chaleur constante.

La vitesse d'entrée $R\omega$ du gaz sera

$$\sqrt{2K \frac{(H-H')}{H+0,76}(1+0,00375\,t')}$$

et comme on a aussi n° 2,

$$\frac{dp}{p} = \frac{\omega^2 r dr}{K(1+0,00375\,t')}$$

ou bien

$$\text{Log.}\left(\frac{H+0,76}{0,76}\right) = \frac{\omega^2 R^2}{2K(1+0,00375\,t).2,3} = \frac{H-H'}{H+076}$$

On obtient $H' = 0^m,5727$ au lieu de $0^m,734$ (H étant pris égal à $2^m,28$, et la température d'ailleurs pouvant être quelconque).

La vitesse dans ce cas devient $295^m,4$ et $590^m,8$

à l'extrémité des ailes du ventilateur, pour les températures particulières $t' = 0$ et $t' = 800^\circ$, et la quantité d'action produite par le poids $1^k,3$ de gaz, savoir $1^k,3 \times 7954,16 \dfrac{(H - H')}{H + 0,76}(1 + 00375 t')$ deviendrait, pour les mêmes valeurs de t', $11.614,59^{k\times m}$ et $46.458^{k\times m}$ (cette dernière, comme on voit, étant au-dessus de $42.069^{k\times m}$ trouvés précédemment).

Si dans la même supposition de non-refroidissement de l'air dilaté, on fait $H = 0^m,04$ au lieu de $2^m,28$ dans les équations ci-dessus, on trouvera $H' = 0^m,01964$ au lieu de 0,0198 (n° 5), valeur qui donnera 63 mètres pour la vitesse du ventilateur, et $526,33^{k\times m}$ pour l'effet produit par $1^k,3$ de gaz à 0 de température au lieu de $525^{k\times m}$ qu'on obtient n° 5 lorsqu'il y a du froid produit par la dilatation.

Enfin en calculant la quantité d'action que fournirait toujours $1^k,3$ d'air à 0 degré et aux pressions manométriques $0^m,4$ et $2^m,28$, employé à soulever un piston par action directe, puis avec détente et sans froid produit, on trouvera dans ces cas $529,89^{k\times m}$ et $57.287,4^{k\times m}$, c'est-à-dire des quantités d'action plus élevées que celles ci-dessus $526,33^{k\times m}$ et $46.498^{k\times m}$, obtenues avec un ventilateur dans lequel la température ne varie pas et à plus forte raison que celles 525 et 42.069, obtenues lorsque la chaleur diminue par l'effet de la dilatation, toujours en faisant abstraction des frottements et autres résistances étrangères.

Tous les résultats qui précèdent sont obtenus, il est vrai, en supposant la vitesse d'écoule-

ment égale à $\sqrt{2g(H-H')\frac{D}{d}}$ ou si l'on veut à

$0{,}94\sqrt{2g(H-H')\frac{D}{d}}$ (ce qui ne changerait pas sensiblement les valeurs trouvées pour H'). Comme cette expression a été vérifiée par les expériences directes d'un des premiers hydrauliciens de l'époque (M. d'Aubuisson), il convenait donc de l'adopter de préférence à toute autre formule. (*Voir* à ce sujet les notes (1) et (2).)

Dans tous les cas on peut concevoir maintenant le but et l'importance des calculs qui précèdent, puisqu'il s'agissait de savoir jusqu'à quel point un ventilateur en tôle pouvait recevoir l'action continue d'un air échauffé à travers un foyer ou d'une fumée comprimée et plus ou moins chargée de cendres, en remplaçant ainsi les pistons qui dans cette occasion exigeraient des précautions plus ou moins embarrassantes pour ne pas être détériorés par la chaleur et les impuretés du fluide moteur.

Notre conclusion, il est vrai, est que dans l'exemple choisi, ou pour $H = 2^m{,}28$, le ventilateur ne peut donner théoriquement que les 42062/[illegible] de l'effet d'un piston qui agirait par l'action directe et la détente du gaz moteur.

Mais si, d'après M. Gay-Lussac, l'air lancé par un orifice ne se refroidit point à cause du frottement ou autre motif, malgré son expansion après la sortie, cette circonstance ou addition de chaleur augmentera un peu l'effet de la turbine; et si, avec l'ajutage (*fig.* 4), on parvient à donner au même fluide la vitesse indiquée par M. Navier, ou une force vive qui représente après son écoulement

non-seulement la quantité d'action dépensée pour le refoulement de ce gaz dans le réservoir d'où il est soutiré, mais encore celle exigée pour la compression qui a dû précéder ce refoulement. Dans ce cas (*voyez* note (1) et (2).) l'effet du ventilateur excédera celui du piston.

Toutefois, comme malgré cette augmentation d'effet, l'emploi de la turbine ci-dessus, à cause du frottement du gaz à travers l'orifice, et surtout à cause d'une très-grande vitesse de rotation, et par suite de la résistance considérable éprouvée par le fluide contre le tambour fixe peut encore présenter beaucoup de difficultés dans l'application, il est bon de montrer ici comment en adoptant un ventilateur multiple (*fig.* 1, 2e coupe), on parviendra à diminuer ces obstacles.

Soit, par exemple, le ventilateur triple de la figure, dans lequel on injecterait de l'air élevant le manomètre à la hauteur H ($H_{,}$ et H' étant les hauteurs du même instrument à la circonférence intérieure et au centre du premier ventilateur, ainsi qu'à la circonférence extérieure du deuxième, $H'_{,}$ et H'' étant celles de la circonférence intérieure et du centre de cette deuxième turbine, ainsi que de la circonférence extérieure du troisième ventilateur dont $H''_{,}$ et 0,76 indiqueraient les pressions intérieures à la circonférence et au centre), pour exprimer que les trois ventilateurs recevraient le gaz sans choc au bout des palettes, et le rendraient sans vitesse au centre, on aurait les six équations suivantes, desquelles il faudrait tirer les six valeurs $R\omega$, $H_{,}$, $H'_{,}$, $H''_{,}$ et H', H'', savoir :

$$\sqrt{2g(H-H_{1})\frac{D}{d}} = R\omega$$

$$\sqrt{2g(H'-H'_{1})\frac{D}{d'}} = R\omega$$

$$\sqrt{2g(H''-H''_{1})\frac{D}{d''}} = R\omega$$

puis les trois autres

$$(H_{1}+0{,}76)^2 = e\,(3{,}04)^2\,\frac{\omega^2 R^2}{8K} + (H'+0{,}76)^2$$

$$(H'_{1}+0{,}76)^2 = e\,(3{,}04)^2\,\frac{\omega^2 R^2}{8K} + (H''+0{,}76)^2$$

$$(H''_{1}+0{,}76)^2 = e\,(3{,}04)^2\,\frac{\omega^2 R^2}{8K} + (0{,}76)^2$$

e exprimant la fraction 0,273, d, d' et d'' ou les densités de l'air étant égales, comme on sait, à $\frac{(H+0{,}76)}{K(1+0{,}00375t)}$, à $\frac{(H'+0{,}76)}{K(1+0{,}00375t')}$ et à $\frac{(H''+0{,}76)}{K(1+0{,}00375t'')}$, et d'ailleurs $1+0{,}00375\,t'$ et $1+0{,}00375\,t''$ devant être remplacés, comme on a vu n° 5, par $(1+0{,}00375\,t)\left(\frac{H'+0{,}76}{H+0{,}76}\right)^2$ ou $4\left(\frac{H'+0{,}76}{H+0{,}76}\right)^2$ et par $4\left(\frac{H''+0{,}76}{H+0{,}76}\right)^2$.

Le ventilateur que nous venons d'étudier comme une machine propre à recevoir l'action des fluides moteurs, étant une véritable turbine à gaz, qu'il me soit permis de terminer le présent travail par des réflexions nouvelles sur les roues hydrauliques, qui ont reçu ce nom du mot latin *turbo*, tourbillon, mais dont le caractère géneral et théorique est de recevoir le liquide sans choc, pour le rendre sans vitesse à sa sortie, après un mode d'action, qui peut 9. **Réflexions finales.**

d'ailleurs être quelconque, comme lorsque par la force centrifuge l'eau fait reculer le couloir ou la courbe, dans la concavité de laquelle elle se meut (turbines de Pont-Gibaud, Gisors, et autres immergées), qu'elle agit par réaction sur la roue d'Ardes, ou que par impulsions successives contre les plans méridiens (*fig.* 5) elle fait mouvoir celle établie près Bourg-Lastic, la danaïde, la roue à poire, etc.

Commençant par les turbines rapides destinées à prendre à la circonférence d'un rayon R des vitesses $R\omega$ de six mètres au moins, sous des chutes élevées de trois mètres et au delà, il faut renoncer, ainsi que je l'ai éprouvé plusieurs fois (Rapport de M. Héricart de Thury à la société d'encouragement en 1827), à faire agir l'eau sur des palettes ou couloirs courbes; en effet, le frottement du liquide sur les courbes, lequel, comme on sait, croît dans le rapport du quarré de la vitesse, absorbe la majeure partie de la force, surtout si l'injection, comme à Pont-Gibaud, n'a pas lieu sur tout le pourtour à la fois, si, reçu en petite quantité sur une portion de la circonférence $2\pi R$, le fluide est cependant obligé de mouiller et traverser successivement tous les couloirs, d'adhérer à ces derniers, d'y déposer par suite des parcelles, lesquelles, emportées par la roue, sont ensuite lancées dans l'espace par la force centrifuge, avec un déchet de force proportionnel au moins au quarré de la vitesse qu'elles prennent dans cette dispersion si fâcheuse.

Et puis cette injection partielle qui ne règne pas tout autour de la roue détruit les conditions de l'entrée de l'eau sans choc et de sa sortie sans vitesse, puisque le couloir ou canal courbe, qui

quitte cette injection, cessant d'être plein d'eau, le volume de cette dernière s'y écrasera en produisant des chocs divers, en outre des frottements ou adhérences déjà signalées, et pareille chose arrivera de nouveau au moment où le couloir reviendra ou entrera sous l'arc injecteur.

En résumé, à moins d'une grande quantité d'eau injectée sur tout le pourtour d'une roue à évacuation alternative, comme celle de Pont-Gibaud (*Annales des Mines*, février 1833), il faut, dans le cas d'une chute élevée, employer soit la roue d'Ardes (*Annales des Mines*, 1828, 3e liv.), soit la suivante (*fig.* 5), qui au bout du compte devient celle d'Ardes, dès le moment qu'on bouche son orifice central K, et qu'on lui en pratique d'autres latéraux, ou même un seul n, à une distance quelconque R' de l'axe et d'une aire $A = \frac{m}{R'\omega}$ suffisante pour la dépense de la masse m d'eau affluente dans une seconde (ω étant la vitesse angulaire, et par suite $R'\omega$ étant comme on sait la vitesse relative du liquide écoulé, égale et contraire à celle qu'il possède avant de sortir).

Ces deux roues, lorsque par une buse ou bec en tôle placé au bout du tuyau alimentaire f, et convenablement recourbé ou rétréci, elles reçoivent l'eau dans leur intérieur en faisceau horizontal ou un peu incliné, très-cylindrique, et tangent autant que possible à leur contour très-rond, afin d'éviter les chocs et les jaillissements au dehors; ces deux roues, dis-je, produisent un effet supérieur à celui des autres machines connues, mais la première (celle à orifice central), exerce toujours le même effort

$$m\,v \times R = m\sqrt{2g\frac{h}{2}} \times R = m\,R\omega \times R$$

au premier instant lorsque l'eau agit par choc seulement contre les cloisons ou planches h, et dans les instants suivants, lorsque cette même eau entrant sans choc pendant le mouvement pousse les cloisons avec une force dont il a été souvent parlé jusqu'ici, et dont le moment est donné par l'intégrale $\int 2\,m\,\omega\,dr \times r = m\,\omega r^2 + c = m\,\omega\,R^2$ comme ci-dessus. Tandis que la deuxième, au contraire, avant son départ, fait d'abord un effort $mv \times R$ contre les planches h, puis un deuxième effort $m\,v \times R'$, dû à la réaction en n de l'eau sortant par l'orifice A, lequel effort est égal à $A\,R'\,\omega \times R'\omega \times R' = m\,R''\,\omega$ pendant le mouvement, et à $A\sqrt{2g\frac{h}{2}} \times \sqrt{2g\frac{h}{2}} \times R' = \frac{m}{\omega}\,g\,h$ pendant le repos. Ce qui permet à la machine de surmonter plus facilement un obstacle accidentel qui se présente, par exemple une plus grande dureté dans le bois à scier, dans le grain à moudre, etc.

En revanche, la première roue se vidant au centre, pourra tourner un peu immergée dans les grandes eaux, et puis elle ne perdra pas de sa force comme la roue d'Ardes, dont les orifices expulseurs n, dans les chutes élevées, produisent toujours un peu de fumée aqueuse, en dispersant dans l'espace le liquide dont toutes les molécules bien entendu, surtout près des parois et à cause de l'adhérence, ne peuvent s'écouler avec une vitesse relative $R'\omega$, ou avec une vitesse absolue nulle comme l'indique la théorie.

Voilà les seules turbines, suivant moi, à employer jusqu'à présent pour utiliser les 70 pour 100 au moins d'un petit volume d'eau tombant d'une hauteur plus ou moins considérable, ou pour éviter les frottements, dispersions liquides et autres pertes, en ne laissant subsister que les résistances assez faibles des pivots, de l'air environnant, et de l'eau qui descend lentement en grande masse dans l'intérieur des machines en question.

Maintenant, sans parler de grands volumes d'eau qu'on dépensera sous des chutes un peu élevées avec la turbine de Pont-Gibaud, en injectant le fluide sur tout le contour à la fois, et en employant surtout l'*évacuation alternative*, afin d'éviter des chocs et dispersions très-pernicieuses, lesquelles auraient infailliblement lieu, à cause de l'adhérence du liquide sur les canaux courbes, alors même qu'on inclinerait beaucoup l'extrémité de ces derniers, j'arrive aux turbines à petite vitesse et à grands volumes d'eau, susceptibles dans les fortes rivières à niveau variable de tourner immergées sans perdre de leur avantage, et qu'un mécanicien très-distingué (M. Fourneyron) a construit avec tant de succès à Gisors et autres points de la France.

Dans ces machines l'eau motrice éprouve il est vrai un frottement sur les couloirs courbes *o*, *o*, (*fig*. 6), et ces derniers, à leur tour, dans le cas d'immersion, sont arrêtés par le fluide environnant, mais comme la chute et la vitesse sont faibles, les résistances ci-dessus ne sont plus aussi préjudiciables qu'auparavant; et, d'ailleurs, le frottement de la turbine contre le liquide qui la noye, cesse jusqu'à certain point d'être une perte

de force motrice, attendu que l'eau ainsi choquée ou frottée s'éloigne ou s'écarte alors de la machine par l'effet de la rotation ou de la force centrifuge qui lui est communiquée, d'où résulte une espèce de dépression autour de la roue baignée, une plus grande facilité pour la sortie de son eau motrice qui est jusqu'à un certain point aspirée, ce qui revient en réalité à une vraie augmentation de chute pour cette dernière.

En changeant le mode d'action de l'eau, en la faisant agir par réaction (*fig.* 7), au lien de l'injecter horizontalement sous un angle de 45° ou autre sur des couloirs multipliés, dans la concavité desquels elle presse ensuite par sa force centrifuge (*fig.* 6), dans ce cas on évitera il est vrai le frottement signalé ci-dessus du fluide dans ses canaux courbes; mais, en revanche, l'eau motrice ayant, dans l'intervalle *y'* qui sépare la turbine proprement dite de son bassin alimentaire, une pression due à la moitié de la chute *h*, s'échappera en partie, même lorsque les machines seront en fonte, en tôle et très-bien ajustées.

Quand M. Fourneyron, au reste, a obtenu les beaux résultats de Gisors et autres, il est probable que son eau motrice agissait à la fois et par *réaction* et par la *force centrifuge* engendrée dans la concavité de ses canaux courbes, dont l'entrée, étant plus spacieuse que la sortie, devait faire jaillir en dehors un peu d'eau en *y'*, c'est-à-dire entre le bassin ou tambour nourricier et la turbine; mais comme le frottement dans ce cas se trouvait diminué à l'entrée ou à l'origine des canaux courbes, il est peut-être arrivé qu'en éprouvant une perte d'un côté on en a évité une plus grande de l'autre.

Je termine en observant que de la vapeur ou gaz comprimé (*voyez* deuxième coupe de la *fig.* 7) pourrait faire marcher une turbine à réaction noyée dans l'air, au lieu de l'être dans l'eau, et pour laquelle on adopterait les orifices (*fig.* 4), afin d'avoir de plus grandes vitesses, ou d'obtenir de plus grands effets du gaz moteur.

Note (1). Dire qu'un gaz qui s'écoule par l'orifice d'un régulateur ou d'un réservoir maintenu à une pression constante possède la vitesse $\sqrt{2gh\frac{D}{d}}$ ou plus généralement celle $\sqrt{2g(H-H')\frac{D}{d}}$ égale à

$$\sqrt{2g\frac{(H-H')}{H+0,76}7954,16\,(1+0,00375\,t)},\text{(pag. 478 et 480)},$$

c'est supposer que ce gaz, à la manière de l'eau, s'échappe de l'orifice sans que ses molécules se soient écartées les unes des autres, ou en conservant la pression intérieure du réservoir.

En effet, dans ce cas, et d'après le principe des forces vives $mg(H-H')\frac{D}{d}$ ne doit être égal qu'à la portion du moteur dépensée par le piston qui descendra dans le réservoir pour entretenir l'écoulement constant de la masse m, et la quantité d'action dépensée par ce même piston, pour comprimer préalablement le fluide depuis la hauteur manométrique H' à celle H, se retrouvera dans la détente dont le gaz sera encore susceptible après sa sortie.

La vitesse de M. Navier

$$v=\sqrt{2g\times 7954,16\times \log.\left(\frac{H+0,76}{H'+0,76}\right)(1+0,00375\,t)}$$

suppose au contraire que le gaz en sortant n'est plus qu'à la pression du milieu dans lequel il s'écoule; en effet, si

ce fluide, par sa détente, ne peut plus fournir de travail moteur après sa sortie, il faudra nécessairement, d'après le principe des forces vives, que $m\frac{v^2}{2}$ ou

$$mg \times 7954.16 \log.\left(\frac{H+0,76}{H'+0,76}\right)(1+0,00375t)$$

soit égal à toute la quantité d'action dépensée par le piston, qui aura d'abord comprimé le gaz dans son réservoir, pour ensuite le refouler ou le chasser à travers l'orifice d'écoulement. C'est ce qu'on trouve en effet lorsqu'on calcule comme à l'ordinaire les deux dernières quantités d'action et qu'on les ajoute ensemble.

Comme on voit, la première formule ci-dessus donnera sans doute une vitesse trop petite et la deuxième une vitesse trop grande; mais ces expressions sont deux limites qu'il était bon d'indiquer à l'expérience, à laquelle il appartient seule de déterminer les lois de l'écoulement des fluides pour toutes les pressions et surtout pour tous les ajutages ou formes d'orifice.

Note (2). En substituant à la place de Rω la valeur de la vitesse d'écoulement donnée par M. Navier, et qui doit devenir à très-peu près la véritable lorsque l'orifice (*fig.* 4) aura permis au gaz de se détendre entièrement avant son entrée dans le ventilateur, dans ce cas l'équation de condition (pages 480 et 481), exprimant que le gaz entre sans choc et sort sans vitesse de la turbine, donnera pour H' la valeur $0^m,905$, et l'effet produit $1^{kil.},3 \times R^3\omega^3$ deviendra $47694^{kil.\times m}$, c'est-à-dire égal à celui d'un piston agissant par action directe et avec détente, ainsi qu'on devait le prévoir d'après le principe des forces vives, puisque dans l'une et l'autre circonstance il n'y a plus de perte inutile de moteur.

Ce n'est pas tout, en supposant, d'après M. Gay-Lussac (*Annales de chimie*, tome XIX), que le gaz en entrant dans le ventilateur, ou en passant de la pression manométrique H à celle H', ne se refroidit pas malgré sa dilatation, alors l'équation ci-dessus deviendra

$$0,2727 \log.(H'+0,76) =$$
$$\log.\left(0,2727\,(H'+0,76)^{0,2727} \times 2,3 \log.\left(\frac{H+0,76}{H'+0,76}\right)+0,92789\right)$$

et cela après que ωR aura été remplacé par l'expression de la vitesse d'écoulement de M. Navier, et après que la pression constante et initiale $\Pi = (H+0,76)\ 13593^{kil.}$ l'aura été par celle $(H'+0,76)\ 13593^{kil.}$, à partir de laquelle le refroidissement commence seulement à s'opérer. Au reste, cette dernière pression, comme la précédente Π, devra être considérée comme constante dans l'intégration de l'équation, $dp=\rho\omega^2 rdr$.

L'équation ci-dessus, résolue par tâtonnement avec beaucoup de soin, donne $H'=0^m,8122$, valeur qui répond à un effet utile $1^{kil.}, 3\times R^2\omega^2 = 54436^{kil.\times m.}$ plus grand que celui $47694^{kil.\times m.}$ obtenu avec un piston dans le rapport de 1,14 à 1 ou de 8 à 7 à très peu près.

De là résulte, comme on voit, cette conséquence très-curieuse qu'un soufflet cylindrique alimentant d'air comprimé et sans perte de calorique un ventilateur, l'effet produit par l'axe de rotation de ce dernier l'emportera sur la quantité d'action dépensée par le piston soufflant, de telle sorte que cette machine, composée de deux autres, pourra, du moins théoriquement parlant, s'entretenir d'elle-même en mouvement sans aucune force étrangère.

Légende explicative de la Planche XIII.

Fig. 1. — *Ventilateur ou turbine à gaz comprimé.*

a réservoir quelconque du gaz comprimé qui se rend dans le ventilateur.

b orifice d'entrée de ce gaz ayant la forme (*fig.* 4), afin qu'il prenne un surcroît de vitesse après son entrée, par suite de la détente qui s'opère dans l'évasement que présente la coupe verticale de l'orifice.

c orifice central de sortie.

d palettes mobiles du ventilateur enfermées dans un tambour fixe.

e renflements pratiqués à droite et à gauche ou autour du ventilateur triple pour que l'air, après avoir gagné le centre du premier ventilateur et être revenu entre deux parois fixes à la circonférence du deuxième, puisse alors

s'introduire dans ce deuxième et y recommencer une action semblable à la première.

Fig. 5. — *Turbine à axe vertical avec manivelle supérieure pour mouvoir une scierie aux forêts d'Avèze près Bourg-Lastic.*

f tuyau nourricier de l'eau motrice, qui injecte cette dernière dans la roue horizontalement, tangentiellement à sa circonférence intérieure $2\pi R$, et surtout aussi près que possible de cette dernière, afin d'éviter les chocs et les jaillissements au dehors du liquide, et cela avec la vitesse $v = \sqrt{2g\frac{h}{2}} = R\omega = 6^m.264$ due à la moitié de la chute totale h égale à 4 mètres.

h huit cloisons méridiennes frappées par l'eau au premier instant avec un effort $mv = mR\omega = m\sqrt{2g\frac{h}{2}}$ (m étant la masse dépensée en une seconde), et qui, lorsque la circonférence de la roue a acquis la même vitesse $\sqrt{gh} = 6^m,264$, reçoivent les impulsions infiniment petites $2m\omega dr$ du liquide au fur et à mesure qu'il se rend au centre en se dépouillant de sa vitesse $v = R\omega$.

i section du paraboloïde dû à la force centrifuge et dont l'équation est $z = \frac{r^2\omega^2}{2g}$.

k orifice central pour la sortie de l'eau presque sans vitesse.

N. B. En bouchant cet orifice central *k* et en ouvrant ou adaptant une ou plusieurs bouches latérales de sortie *n* à une distance R' de l'axe égale ou différente de R ou de celle de l'entrée du fluide moteur, on passera, rien n'étant changé d'ailleurs, de la turbine ci-dessus (roue à poire ou danaïde perfectionnée) à la turbine d'Arles, dans laquelle l'eau, en sortant en *n*, réagira ou repoussera en sens contraire l'orifice par où elle s'écoule.

Fig. 6. — *Turbine immergée analogue à celle d'Inval près Gisors, où une grande masse d'eau, injectée horizontalement sur des couloirs courbes, agit par sa force centrifuge en se mouvant dans la concavité desdits couloirs.*

o,o,o couloirs ou canaux courbes de la turbine, dans lesquels l'eau arrive sans choc pour sortir sans vitesse.

p,p orifices injecteurs placés au bas du tambour ou bassin alimentaire *q*, qui lancent l'eau sous l'angle voulu pour son entrée sans choc et sa sortie sans vitesse.

q bassin alimentaire, fixé ou suspendu solidement au canal supérieur *r*, qui amène l'eau motrice.

t fourreau en tôle fixé au bassin immobile *q*, dans lequel fourreau se meut l'arbre *u'* de la machine.

Fig. 7. — *Deuxième turbine immergée pour une dépense d'eau un peu moins grande et où le liquide agit, non par force centrifuge sur des canaux courbes, mais bien par réaction comme dans la roue d'Ardes.*

u,u orifices injecteurs, adaptés au bassin alimentaire, qui lancent, horizontalement et tangentiellement à la circonférence intérieure $2\pi R$ de la turbine mobile, l'eau avec la vitesse $\sqrt{2g\frac{h}{2}}$ due à la moitié de la chute *h*.

v,v orifices d'évacuation par où l'eau sort avec la vitesse $\sqrt{2g\frac{h}{2}+\omega^2(R'^2-R^2)}$, ($R'$ étant le rayon extérieur de la roue), en exerçant une réaction et en évitant d'ailleurs de frotter sur des couloirs courbes.

y' intervalle, aussi petit que possible, laissé entre la roue mobile et le tambour fixe qui lui fournit de l'eau sur toute la circonférence. Dans cet intervalle se meut une vanne, c'est-à-dire un cylindre en tôle avec rebords entrant dans les canaux courbes *o* et les orifices *p*, pour régler la dépense de la roue.

Fig. 7. Deuxième coupe. — *Turbine à réaction pour gaz comprimé.*

y chaudière à vapeur, ou réservoir à gaz comprimé, lan-

çant ce dernier dans un tambour alimentaire z qui est fixe; le fluide, en sortant ensuite par les orifices u,u de ce dernier, entrera sans choc dans la roue mobile et en sortira sans vitesse par les orifices v,v figurés en plan, et cela en réagissant à la manière de l'eau dans la machine (fig 7, plan et première coupe).

RECHERCHES

Sur la structure et sur l'origine du mont Etna;

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, ingénieur en chef des mines.

SUITE ET FIN DU QUATRIÈME ET DERNIER CHAPITRE.

Sur la question de savoir si le noyau intérieur de la gibbosité centrale de l'Etna, doit sa forme première à un soulèvement.

J'ai déjà signalé, dans le troisième chapitre de ce mémoire, divers motifs qui me paraissaient devoir faire présumer que le noyau intérieur de la gibbosité centrale de l'Etna n'a pas été produit par la simple accumulation de déjections entassées les unes sur les autres dans leur position actuelle. J'ai puisé principalement ces motifs, d'une part, dans la saillie rapide du noyau de la gibbosité centrale, saillie qui contraste si fortement avec les pentes douces des talus latéraux sur lesquels s'accumulent principalement aujourd'hui les déjections volcaniques; et de l'autre, dans l'absence de toute relation entre la disposition des filons, qui marquent les points de sortie des déjections anciennes, et la forme conique de la masse que ces déjections composent. Mais je n'ai présenté ces faits que d'une manière générale, et pour ainsi dire en bloc.

Peut-être, en effet, les traits généraux auxquels je me suis d'abord arrêté sont-ils ce qu'il y a de plus frappant et de plus décisif pour un observateur qui les a sous les yeux. Cependant, l'analyse des circonstances, dont ces traits généraux sont les conséquences, et de celles qui les accompagnent, pourrait, de son côté, avoir pour le lecteur quelque chose de plus démonstratif.

Cette analyse donne lieu en outre à différentes remarques qui permettent de remonter au mode de formation du massif de la gibbosité centrale de l'Etna, par la seule application des principes les plus simples de la physique et de la mécanique; et qui conduisent d'après six considérations à peu près indépendantes les unes des autres, et que je vais présenter successivement, à résoudre en faveur de *l'hypothèse du soulèvement*, le problème de l'origine première de cette montagne célèbre.

1° Attachons-nous d'abord aux filons décrits précédemment p. 358, et dont on trouve d'excellentes représentations dans le 3ᵉ vol. de la 4ᵉ édit. des *Principes of geology* de M. Lyell, p. 441 à 444, et dans la pl. 10 fig. 3 de l'ouvrage de M. H. Abich, intitulé : *Vues illustratives de quelques phénomènes géologiques prises sur le Vésuve et l'Etna.*

Parmi ces filons il en est un certain nombre qui s'élèvent jusqu'à la crête des escarpements du cirque. Leur existence dans cette position élevée, prouve à elle seule qu'à l'époque de leur formation, les assises qu'ils traversent étaient loin de former comme aujourd'hui une gibbosité saillante ; car en supposant même que le cirque ne fût pas évidé, une fente, qui traverserait la gibbosité centrale, couperait nécessairement la convexité extérieure

de cette gibbosité, suivant une ligne très éloignée de l'horizontale, par le point le plus bas de laquelle la matière fondue trouverait un écoulement latéral, comme cela se voit aujourd'hui dans toutes celles des éruptions dans lesquelles le massif de l'Etna se fend, suivant un de ses méridiens. On remarque en effet que, dans ce cas, la lave s'écoule par l'extrémité inférieure de l'intersection de la fente avec la surface du massif, et que la partie supérieure de la fente reste vide après l'éruption, comme on en a des exemples dans la grotte *dei Palombi*, près de Nicolosi, découverte et rendue accessible par M. Mario Gemellaro, et dans plusieurs autres du même genre, ainsi que dans les fentes qui se sont formées en 1832, à travers le piano del Lago.

2° Le seul fait de la grande largeur, que présentent transversalement les nappes de laves anciennes, tend à prouver que celles, dont l'inclinaison est considérable, n'ont pas coulé sur la pente actuelle, car, sur une pareille pente, les fentes qui ont donné naissance aux filons, quelles que soient leur longueur et leur direction, auraient présenté, comme je viens de le dire, des bords très-inégalement élevés, par le point le plus bas desquels la lave aurait exclusivement coulé, en formant une traînée étroite suivant la ligne de plus grande pente, comme cela a lieu constamment dans celles des éruptions latérales actuelles, qui se font sur des pentes considérables.

3° Ceux des filons du Val-del-Bove, qui ne s'élèvent pas jusqu'à la cime des escarpements, mais qui s'y terminent, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, à une hauteur plus ou moins grande, en s'articulant avec les assises de lave, donnent

lieu à une autre remarque qui conduit par une troisième voie à une conclusion analogue. Ces filons ont été, sans aucun doute, les orifices par lesquels se sont épanchées les assises de laves, auxquelles on les voit souvent s'unir, et à chacune desquelles il est probable qu'un ou plusieurs filons viennent s'arrêter. Or, si l'émission de ces laves avait eu lieu lorsque les assises avaient leur position actuelle, la lave de chaque filon n'aurait pu s'étendre qu'au-dessous de son ouverture, sans jamais monter au-dessus, et par conséquent chaque filon, en s'articulant avec une couche inclinée, ne ferait que se couder comme la barre supérieure d'un F, au lieu de s'étendre de part et d'autre comme celle d'un T. Cette disposition, si elle était générale, ferait que le nombre des assises de laves, serait beaucoup plus grand dans la partie des escarpements, la plus éloignée de l'axe de la montagne, que dans la partie qui en est la plus voisine. De là il résulterait nécessairement que les assises supérieures des escarpements iraient en s'éloignant des inférieures dans le sens de la pente générale du système, et qu'il y aurait entre les unes et les autres un défaut marqué de parallélisme. Cependant quoique l'œil soit un instrument très-sensible, si non pour mesurer, du moins pour reconnaître un défaut de parallélisme entre deux lignes peu éloignées, je n'ai pu en apercevoir la moindre trace dans aucune partie des escarpements du Val-del-Bove. J'y ai trouvé des points, où les couches présentaient quelques perturbations locales; mais nulle part je n'ai observé que les plans des couches supérieures allassent en s'écartant d'une manière constante de ceux des couches inférieu-

res. Or, si cet écartement n'a pas lieu, il faut que la lave sortie par les filons se soit étendue indifféremment de part et d'autre du point de sortie, ce qui suppose une horizontalité primitive, à peu près exacte, dans l'ensemble de ces surfaces, dont une partie est aujourd'hui si sensiblement inclinée.

4° Le parallélisme général que conservent, dans toutes les positions, les assises du Val-del-Bove, et qui constitue un des traits les plus frappants du facies général de ces escarpements, ne peut avoir lieu qu'autant que les assises de matières fragmentaires ou pulvérulentes, plus ou moins agglutinées, qui forment plus de la moitié de la hauteur totale du système, conservent, aussi bien que les assises de matières fondues, des épaisseurs à peu près constantes. La finesse des éléments, dont un grand nombre de ces assises sont composées, et la forme anguleuse des fragments qui se trouvent en abondance dans quelques unes d'entre elles, conduit à les considérer comme le résultat des déjections de cendres et de lapilli, qui ont dû accompagner les éruptions des laves sorties par les ouvertures des filons.

On concevrait aisément que des matières de cette nature, tombant en pluie sur une surface unie et peu inclinée, y produisissent une assise d'une épaisseur à peu près uniforme sur une certaine étendue; mais si la surface, sur laquelle cette pluie de cendres aurait été reçue, avait présenté des inclinaisons considérables, par exemple de 25 à 30°, le fait général d'une pareille uniformité ne pourrait plus se concevoir.

En effet, pourquoi les cônes de scories ou de cendres, produits par les éruptions volcaniques, présentent-ils généralement des arêtes rectilignes d'une si

grande régularité? Cela tient uniquement à ce que les matières incohérentes, qui tombent sur les flancs de ces cônes pendant leur formation, ne peuvent jamais s'y maintenir que lorsque l'inclinaison des arêtes est au-dessous d'une certaine limite, et à ce que tout ce qui tend à porter l'inclinaison au delà de cette limite, tombe de soi-même au bas de la pente qui se forme. Or, la limite dont il s'agit n'a en elle-même rien de constant. On trouve des cônes d'éruption, tous également réguliers, dont les arêtes varient dans leur inclinaison de 18° à 36 ou 40°. Cette variation tient en grande partie à la grosseur, à la densité, à l'inégalité, à l'hétérogénéité des matières incohérentes, dont la chute autour d'un certain point a donné naissance au cône, et probablement aussi à la violence plus ou moins grande de leur chute.

Les matières dont sont composées les assises fragmentaires du Val-del-Bove variant considérablement d'une couche à l'autre, et parcourant à cet égard toute l'échelle des variations possibles, le degré de violence de leur chute ne pouvant manquer d'avoir lui-même varié d'une éruption à l'autre, il est certain qu'il doit s'en être trouvé un grand nombre qui n'auraient pu se maintenir avec un talus par exemple de 27°. Ces matières venant à tomber sur une surface inclinée de 27°, auraient roulé en partie vers le bas de la pente, où elles se seraient accumulées sur une épaisseur plus ou moins grande, tandis que sur la pente elle-même il ne serait presque rien resté, ou que du moins les parties moyennes et supérieures de la pente n'auraient pu rester couvertes d'une certaine épaisseur de matières accumulées, que lorsque

la partie inférieure aurait été enterrée sous une épaisseur beaucoup plus grande de ces mêmes matières; de là, un défaut d'uniformité dans l'épaisseur de la couche produite, qui, dans certaines positions, serait devenu extrêmement frappant.

Dans le fragment de panorama (*Pl. V*), la masse entière des assises, qui forment le flanc septentrional du Val-del-Bove, se présente avec une inclinaison générale apparente de 23°; et, eu égard à la position dans laquelle je me trouvais, par rapport à la direction de leur ligne de plus grande pente, cette inclinaison apparente doit être inférieure à la pente réelle qui dépasse certainement 27°. Le nombre des assises incohérentes, dans l'escarpement dont il s'agit, est de plus de cent, elles sont sensiblement planes et remarquablement parallèles et uniformes dans leurs épaisseurs. Or, il est certainement impossible qu'un long talus incliné de 27° ait été rechargé plus de cent fois de cendres et de lapilli, sans que la pente de 27° se soit quelquefois trouvée trop rapide pour empêcher ces matières de glisser plus ou moins, et sans qu'il se soit produit de temps à autre des couches plus épaisses vers le bas que vers le haut. Le talus étant très-long, le plus léger défaut de parallélisme, entre les deux surfaces de l'une des assises, donnerait une très-grande épaisseur à la partie de cette assise formée sur la partie inférieure du talus, et la ferait sortir de beaucoup des étroites limites entre lesquelles varie l'épaisseur des couches du Val-del-Bove. Un très-petit nombre d'assises, affectées de cette irrégularité, suffirait pour altérer cet aspect général d'uniformité que présentent les escarpements, et pour rendre dans leur ensemble

les assises supérieures sensiblement moins inclinées que les inférieures.

Le cône du Vésuve présente sur une hauteur verticale de près de 500 mètres des pentes rectilignes inclinées de 30 à 35°, et formées presque en entier de cendres et de lapilli incohérents qui sont rechargés de nouvelles matières du même genre à chaque nouvelle éruption. Mais si d'une part il paraît certain que l'inclinaison des arêtes du cône du Vésuve n'a pu varier depuis un très-grand nombre d'années qu'entre les étroites limites de 30 à 35°, d'un autre côté rien ne permettait d'assurer que l'inclinaison de chaque arête en particulier n'a pas varié d'une éruption à une autre dans les limites dont il s'agit; personne ne peut donc assurer que sur le cône du Vésuve il n'existe pas une inclinaison de 32° là où l'inclinaison était il y a cent ans de 33° *et vice versâ*, changement qui n'aurait pu se faire que par l'addition d'une série de couches qui aurait eu à l'une de ses extrémités 16 mètres d'épaisseur de plus qu'à l'autre. Il paraît assez vraisemblable, par exemple, que la grande pluie de cendres que le Vésuve a versées sur ses flancs en 1822 a diminué à elle seule d'une certaine quantité l'inclinaison de quelques-unes de ces arêtes, et il suffirait que cette diminution ait été pour quelques-unes de 30′, quantité presque insensible à l'œil, pour que la couche formée présentât à l'une des extrémités de ces arêtes un renflement dont on trouverait difficilement un exemple dans les escarpements du Val-del-Bove.

Si les déjections incohérentes qui ont produit une partie des assises du Val-del-Bove s'étaient stratifiées par couches uniformes sur des pentes variables, s'élevant quelquefois à 25 ou 30°, elles

auraient agi d'une manière bien différente de ce qui se passe sur l'Etna moderne, car, ainsi que je l'ai déjà dit, les déjections modernes ont laissé à découvert les crêtes des deux bras de la gibbosité centrale qui embrassent le Val-del-Bove; celles de ces déjections qui sont tombées sur leur surface ont été entraînées dans les ravins, dont elles dessinent le fond par des traînées noires, ou même jusqu'au pied des pentes extérieures contre lesquelles elles sont restées appuyées, en formant des talus moins inclinés que ne le sont les assises de la gibbosité centrale, comme pour montrer, par un contraste établi sur le lieu même, combien peu les assises dont il s'agit auraient pu se former dans leur position actuelle.

Une circonstance, plus frappante encore que celles dont je viens de rendre compte, se serait produite dans le cas où les matières incohérentes seraient tombées sur une surface à contours arrondis. En effet, on observe aujourd'hui que les cônes d'éruption, régularisés, comme je l'ai dit ci-dessus, par le glissement des matières, s'élèvent toujours d'une manière brusque au milieu même des surfaces couvertes de cendres et de lapilli, de sorte qu'une section, passant par la bouche d'éruption, présente toujours au pied du cône une ligne *brusquement brisée*. Or, si les assises de laves, sur lesquelles se sont entassées les matières incohérentes, avaient présenté alors comme aujourd'hui des ondulations qui fissent passer leur inclinaison par une courbure continue de 0 à 27°, le glissement dont j'ai parlé se serait fréquemment produit sur les parties les plus fortement inclinées, et il aurait fait naître un talus rectiligne qui se serait arrêté brusquement, et avec un angle bien prononcé, à la ren-

contre d'une partie moins inclinée de la surface sur laquelle le glissement aurait cessé d'être possible. Le talus rectiligne aurait ainsi coupé sous forme de corde un certain arc de la courbe formée par le profil de l'assise de lave qui lui aurait servi de support. De là serait résulté, entre la surface inférieure et la surface supérieure de l'assise incohérente, un de ces contrastes de forme que l'œil ne manque jamais de saisir. Or, je n'ai jamais aperçu un contraste pareil, j'ai au contraire été frappé constamment du parallélisme et de l'uniformité que les assises du Val-del-Bove conservent dans toutes les positions, aussi bien lorsqu'elles se recourbent rapidement, comme cela s'observe, par exemple, dans la face méridionale de la Schiena-del-Alsino, que lorsqu'elles présentent sur de grandes étendues un profil rectiligne.

La régularité des assises curvilignes, que présentent les escarpements du Val-del-Bove, a d'autant plus droit de frapper un observateur attentif et de le faire réfléchir sur l'origine probable de leur courbure actuelle que les amas de matières incohérentes qu'on voit se former sur la surface de l'Etna ou des autres massifs volcaniques, présentent le plus souvent des pentes remarquablement uniformes et rectilignes sur de grandes étendues.

Les formes simples et élégantes du cône supérieur du Vésuve, de celui de l'Etna, du pic de Ténériffe et de la plupart des volcans actifs, celles des innombrables cônes parasites qui couvrent les flancs de ces volcans, sont à la fois les effets et les preuves de cette tendance à produire les profils rectilignes, par suite de laquelle la forme d'un cône tronqué est devenue en quelque sorte l'emblème de la volcanicité.

La pente faible et régulière des talus latéraux de l'Etna, celle du Piano-del-Lago, celle que présente souvent le terre-plein de la troncature supérieure du Vésuve, attestent aussi une tendance à la production d'autres talus également rectilignes, mais d'une inclinaison moins considérable.

La manière nette et tranchée dont les cônes parasites de l'Etna se détachent des talus latéraux, dont le cône supérieur du Vésuve se détache du talus des *piane* et de *l'atrio del cavallo* qui l'entourent de toutes parts, dont le petit cône, qui se forme souvent autour de la bouche d'éruption du Vésuve, se détache de la surface légèrement inclinée qui remplit le fond du cratère, la faiblesse et la rareté des raccordements de ces deux ordres de talus, tous ces exemples montrent que la nature a une tendance très-marquée à produire, par l'amoncellement des matières incohérentes, des talus rectilignes dont l'inclinaison se rapproche, suivant les circonstances, de certaines limites déterminées, mais qu'elle en a peu à les raccorder par des courbures continues.

L'inclinaison des talus latéraux de l'Etna n'est guère que le quart de celle des cônes de scories, ce qui suppose, dans la production des deux espèces de talus, la prépondérance de mécanismes très-différents dont l'examen va déjà vérifier en partie ce que j'ai avancé dans le chapitre premier de ce mémoire (T. IX, p. 180), que *la faiblesse de la plus grande partie des pentes de l'Etna, complètement analysée, serait déjà presque une théorie.*

Les mécanismes dont il s'agit, en tant qu'ils s'exercent sur des matières refroidies, n'ont rien qui soit spécial aux montagnes volcaniques; leur in-

fluence s'observe partout où s'accumulent des matières incohérentes; seulement, lorsque l'accumulation s'effectue sous les eaux, un troisième mécanisme, d'une influence encore plus générale, vient presque toujours modifier l'influence des deux premiers.

L'observation montre en effet que les talus, auxquels donne journellement naissance l'entassement des matières incohérentes qui se trouvent livrées sur la surface du globe aux caprices des éléments, peuvent être divisées en trois classes qui correspondent à l'action indépendante de chacun de ces trois mécanismes. Malgré l'existence de nombreux intermédiaires qui, dans une classification complète de tous les talus observables, ne permettraient pas d'établir entre ces trois classes des lignes de démarcation parfaitement tranchées, il est cependant certain qu'*elles correspondent à trois groupes principaux*, que je proposerai d'appeler : Talus d'Éboulement, talus d'Entraînement, talus de Balancement.

Les *Talus d'Eboulement* sont ceux que forment de nombreux fragments d'une forme et d'une grosseur quelconque, tombant pêle-mêle les uns sur les autres : tels sont ceux des cônes scories formés par les éruptions volcaniques.

Les *Talus d'Entraînement* sont ceux dans la production desquels la dispersion des fragments et leur répartition sur une large base sont facilitées par l'action d'un courant d'eau. Les talus latéraux de l'Etna, que les eaux de tous les orages et de toutes les fontes de neige survenues depuis un grand nombre de siècles ont contribué à façonner, appartiennent à cette classe.

Les *Talus de Balancement* sont ceux pour la

production desquels la dispersion des matières incohérentes et leur dissémination sur une large surface sont facilitées par les mouvements intérieurs d'une grande masse d'eau qui, balancée elle-même par les vents ou les courants, leur imprime en sens divers, et pendant longtemps, une sorte de mouvement oscillatoire ou de va-et-vient.

Les deux premières classes de talus sont à peu près les seules qui concourent à la production des montagnes volcaniques. M. J. Yates, dans un mémoire sur les dépôts d'alluvion lu à la société géologique de Londres, en novembre 1830 (1), les a distinguées sous les noms de *cône aigu* et de *cône obtus*. J'ai cherché à faire connaître plus exactement les limites dans lesquelles ces pentes sont susceptibles de varier, en en consignant un grand nombre d'exemples dans les tableaux n°s 2 et 3. (*V.* les tableaux placés à la fin du Mémoire).

On verra, dans le tableau n° 2, que les talus formés par éboulement forment en général avec l'horizon des angles de moins de 42°; je crois que ces angles ne doivent presque jamais atteindre 45°, ils n'ont quelquefois que 18°, et peut-être moins encore.

Les inclinaisons des talus formés par la neige, sur les montagnes où elle séjourne longtemps, sont généralement à peu près du même ordre que celles des talus d'éboulement, ainsi qu'on peut le voir par les indications contenues dans le tableau n° 4; mais les pentes des glaciers sont souvent beaucoup plus faibles.

On peut juger, par l'inspection des tableaux 2 et 4, que l'inclinaison des talus d'éboulement dépend

---

(1) Voyez *Edinburg new phil. Journal*, T. XI, p. 1.

de la forme des fragments et des circonstances de leur chute beaucoup plus que de leur pesanteur spécifique, puisque la limite ordinaire de l'inclinaison des talus formés des *lapilli les plus légers* ou même de *neige* ne dépasse pas la limite des talus formés de fragments de granite, de trachyte, de calcaire, ou de minerai de fer; puisqu'une halde, formée de fragments de fer spathique, de baryte sulfatée, de blende, de pyrites, n'a pas une autre forme qu'une halde formée de fragments de quartz. De là il résulte que pour une forme donnée des fragments, la limite des talus d'éboulement formés sous une eau tranquille est la même que celle des talus formés à l'air libre.

Mais je n'ai pas à m'occuper, relativement à mon objet actuel, de l'inclinaison des talus qui peuvent se former par éboulement sous les eaux, car rien n'annonce que les déjections anciennes, dont les flancs du Val-del-Bove se composent, aient été entassées sous les eaux. D'ailleurs l'accumulation sous-marine de ces déjections ne pourrait être soutenue que par des personnes qui admettraient d'avance que le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna, doit sa forme actuelle à un soulèvement, puisqu'il est aujourd'hui prouvé que pendant la période récente durant laquelle ces matières se sont amassées, le niveau de la mer ne pouvait s'élever à 3,000^{m} au-dessus de son niveau actuel.

On verra dans le tableau n° 3 que les talus formés par entraînement, généralement beaucoup moins inclinés que les talus par éboulement, aux dépens desquels ils se forment souvent, présentent presque toujours des pentes de moins de 10°. *Ils* passent aux talus de balancement lorsque leur pente

est assez douce pour que les eaux prennent sur leur surface un cours très-tranquille, mais pour cela il faut que leur pente soit presque insensible, c'est-à-dire d'un petit nombre de minutes, à moins cependant que leur extrémité inférieure ne soit plongée dans une eau stagnante.

Il n'y a pas lieu de discuter ici, si, comme rien d'ailleurs ne l'indique, les assises dont nous recherchons l'origine, auraient été formées par agitation réitérée sous les eaux, car dans ce cas, leur position première aurait été presque horizontale, et leur inclinaison actuelle sous des angles de 25 à 30°, serait évidemment l'effet d'un soulèvement (1).

---

(1) Les *talus de balancement* ne concourent guère à la production des montagnes volcaniques, de sorte que je n'ai pas à m'en occuper ici; je dirai seulement, puisque l'occasion s'en présente, que ces talus sont ceux dont l'examen intéresse le plus particulièrement l'étude des terrains de sédiment, parce que ce sont les seuls sur lesquels il se produise des couches uniformes et alternatives de matières diverses *très-étendues dans tous les sens*, comme le sont celles des terrains régulièrement stratifiés.

On s'entendrait beaucoup plus aisément sur l'origine des dépôts sédimentaires, si on s'attachait davantage à distinguer par des termes précis cette stratification d'ensemble, constamment parallèle à elle-même, produite par des dépôts qui se sont recouverts l'un l'autre à d'assez longs intervalles, de cette stratification de détail dont le parallélisme n'est que fortuit, et qui résulte de l'entassement rapide de dépôts journaliers; on pourrait convenir d'affecter le mot *couche* au premier cas, et le mot *strate* au second.

En voyant d'après les tableaux annexés à ce mémoire que l'inclinaison de 45° est à peu près la dernière limite de celles que peuvent prendre des débris entassés, on pourrait être tenté d'en conclure que l'inclinaison de 45° peut être adoptée comme la limite de celles, suivant lesquelles peuvent se produire aujourd'hui des dépôts régulié-

Peut-être quelques personnes seront-elles surprises de la faiblesse des pentes inscrites dans les tableaux n° 2, 3 et 4, mais je dois faire remarquer que lorsqu'il s'agit d'évaluer des pentes, tous les observateurs, qui ne se servent pas d'instruments, subissent souvent à leur insu l'influence d'une illusion d'optique qui les leur fait juger plus rapides qu'elles ne sont réellement; illusion qui, par sa constance et son irrésistibilité, peut être comparée à celle qui nous fait paraître les disques du soleil et de la lune plus larges lorsqu'ils sont près de l'horizon que lorsqu'ils sont près du méridien. Afin de donner un moyen simple et usuel de combattre cette illusion, j'ai joint à ce mémoire, dans le tableau n° 1, la valeur numérique d'un grand nombre de pentes, dont les unes ou les autres se rencontrent habituellement

---

rement stratifiés. Mais se borner à une pareille limite serait rétrograder vers l'enfance de ce genre de connaissances. Stenon, en 1669, était déjà beaucoup plus avancé. Il savait qu'un dépôt limoneux qui se dépose au fond de l'eau, s'y conduit comme un fluide, plus pesant que l'eau, et que de l'eau qui s'agite même très-faiblement sur un fond couvert de parcelles détachées, ne manque jamais d'en combler à la longue toutes les inégalités; qu'il est rare qu'elle permette à des parcelles détachées de stationner longtemps sur un fond sensiblement incliné. On peut aujourd'hui vérifier sur les cartes marines que les dépôts formés par les rivières à leurs embouchures dans la mer, présentent des surfaces presque rigoureusement horizontales, et que même dans des mers profondes et où les eaux ont peu de mouvement, comme la mer Noire et la Méditerranée, des inclinaisons de plus d'un demi-degré ne s'observent dans des surfaces ainsi formées que dans des cas exceptionnels et très-rares. J'ai réuni sur cet objet d'assez nombreux documents, dont j'ai fait usage dans mes leçons de géologie, et que je publierai ultérieurement.

presque partout, ou bien avec lesquelles l'imagination est ordinairement familiarisée.

Les données assez nombreuses contenues dans les tableaux nos 2 et 3 montrent que si les talus par éboulement et par entraînement tendent à se fixer entre des limites de 26 à 36° dans le premier cas, et inférieure à 10° dans le second, leurs pentes n'ont cependant rien de rigoureusement constant; de manière qu'il n'y a pas de raison pour qu'un premier talus rechargé d'une nouvelle assise de matières incohérentes, reprenne une seconde fois la même pente et pour que l'épaisseur de la couche formée soit uniforme. Cette remarque jointe à celle de la rectilignité habituelle des talus de l'une et de l'autre classe me paraît propre à faire bien apprécier tout ce que présente de remarquable l'uniformité d'épaisseur et l'exact parallélisme que conservent au milieu d'inflexions variées et de pentes souvent rapides, les assises de matières fragmentaires qui se dessinent dans les escarpements du Val-del-Bove.

Mais si les pentes de chacune des deux classes de talus susmentionnées ne sont pas invariables, elles ne sont cependant susceptibles de varier qu'entre des limites déterminées, et cette considération dispense d'entrer dans le détail numérique des inclinaisons, pour voir que la structure de la gibbosité centrale de l'Etna ne répond pas aux effets ordinaires de l'accumulation des matières incohérentes. Le fait que dans une certaine classe de circonstances la nature tend constamment à produire des pentes d'un certain ordre suffirait à lui seul pour faire soupçonner que le noyau intérieur de la gibbosité centrale de

l'Etna doit avoir été produit par soulèvement; s'il s'était formé par des déjections accumulées les unes sur les autres dans leur position actuelle, ses pentes extérieures, et les pentes de chacune de ses assises, sans être d'une égalité absolue, présenteraient cependant comme celles de tout cône d'éruption une certaine uniformité, tandis qu'elles présentent au contraire toutes les inclinaisons possibles depuis l'horizontalité presque complète jusqu'à plus de 30°.

On peut même dire que par cela seul que les surfaces des assises de matières fragmentaires qui entrent dans la composition de la gibbosité centrale de l'Etna présentent des pentes curvilignes, elles s'éloignent des talus à pentes essentiellement rectilignes que produisent journellement sur les flancs des volcans les accumulations de matières incohérentes, et elles rappellent l'effet habituel des soulèvements qui est, non-seulement d'incliner les couches, mais encore de les infléchir de manière à leur faire contracter quelquefois des courbures très-compliquées.

La manière dont se présentent à nos regards les assises fragmentaires qui viennent de nous occuper, conduit donc de son côté à conclure que ces assises ont dû se former d'abord, dans des positions à très-peu près horizontales, et ne doivent leurs inflexions et leurs inclinaisons actuelles, qu'à des mouvements postérieurs à leur origine, ce qui s'accorde avec les résultats des différentes considérations que j'avais présentées précédemment, et de celles qui me restent encore à exposer.

5° Les matières solides fragmentaires ou pulvérulentes ne sont pas les seules qui auraient pu difficilement se stratifier d'une manière uniforme

et régulière, sur des surfaces d'une inclinaison variable; il en aurait été de même des assises de matières fondues.

J'ai déjà eu occasion de rappeller ci-dessus que l'uniformité d'épaisseur que présentent généralement, sur de grandes longueurs, les assises qui constituent les flancs du Val-del-Bove, se soutient tout aussi bien dans les couches formées de roches de fusion que dans les couches incohérentes; de sorte que la variation de l'inclinaison ne leur fait éprouver, ni renflement, ni amincissement. Or, ce fait est diamétralement contraire à ce qui arrive de nos jours aux masses de matières fondues, qui se répandent sur les flancs des volcans.

Lorsqu'une section naturelle ou artificielle met à découvert une assise de lave qui s'est arrêtée sur un sol inégalement incliné, on la voit constamment s'amincir dans les parties très-inclinées, et se renfler dans celles qui le sont moins; je pourrais citer plusieurs exemples de cette circonstance, que j'ai observée sur les flancs de l'Etna, mais je préfère indiquer ici ce qui s'observe à cet égard dans le *Fosso-grande*, qui est une déchirure du massif du Vésuve, dirigée du côté de Naples, et qu'on aperçoit de cette ville.

Le *Fosso-grande* est creusé dans les assises du tuf ponceux qui flanquent presque de toutes parts le massif du Vésuve; mais son revers méridional est couronné par des assises de laves, qui doivent être sorties des flancs du Vésuve, avant que le fosso-grande eût acquis sa largeur et sa profondeur actuelles, car elles ne s'y sont pas répandues. Le tuf, qui forme la base de ce revers méridional du fosso-grande, est terminé

supérieurement, par une surface anciennement ravinée, dont les contours sont assez brusquement ondulés. Sur ces tufs, qui ne s'élèvent guère à plus de 15 mètres dans leurs plus grandes saillies, s'étend une assise de 20 à 25 mètres, formée de plusieurs coulées de laves superposées; ces laves se modèlent avec une étonnante fidélité sur les inégalités du tuf qui les supporte. Les coulées inférieures se renflent dans les plus petites dépressions du tuf, et s'amincissent sur les saillies. dont quelques-unes ont même complétement arrêté les coulées les plus anciennes. Dans les parties où les coulées sont horizontales, elles deviennent épaisses de 4 à 5 mètres, et grossièrement prismatiques, de manière à rappeler, même aux yeux des guides, les laves des carrières de la Scala et du Granitello, qui, sorties du Vésuve en 1631, et en 1551, se sont arrêtées sur la plage du golfe de Naples, où elles se sont accumulées sur une épaisseur considérable, et refroidies tranquillement. Mais aussitôt que les coulées qui couronnent le flanc du fosso-grande dépassent les limites des dépressions du tuf qui les ont obligées à stationner, elles reprennent la faible épaisseur qui correspond généralement aux pentes qu'elles atteignent alors, et qui sont de 5 à 6°.

L'absence de toute configuration de ce genre, dans les parties les plus ondulées des assises du Val-del-Bove, par exemple, dans l'escarpement méridional de la Schiena-del-Asino, et dans ceux du Poyo, et de la Porta de Callana, me paraît prouver d'une manière décisive que les ondulations dont il s'agit ont une origine postérieure à la consolidation des assises qui les constituent, et que par conséquent ces assises ont

éprouvé, depuis leur consolidation, des mouvements considérables ; conclusion identique avec celles auxquelles nous avaient conduit d'une autre manière les considérations présentées précédemment, et avec celle à laquelle va nous conduire encore le 6e et dernier ordre de considérations, qui nous reste à exposer.

6° L'uniformité que j'ai signalée dans les assises de matières fondues du Val-del-Bove, ne se réduit pas à l'absence d'étranglements, et de renflements, il se soutient dans tous les détails de leur structure, qu'on trouve toujours la même, soit qu'on les observe dans les parties où elles sont à peu près horizontales, comme dans l'escarpement du Serre-del-Salfizio, soit qu'on les suive dans les parties du Monte-Zoccolaro, où leur inclinaison augmente et diminue graduellement, soit enfin qu'on les examine dans les parties où leur inclinaison va jusqu'à 27°, comme dans la partie orientale de la Schiena-del-Asino, et dans le flanc nord du Val-del-Bove. Or, ce défaut de relation entre la structure des assises et la pente qu'elles affectent est un fait diamétralement contraire à ce qu'on observe aujourd'hui dans toutes les grandes coulées de lave, dont la forme varie constamment avec l'intensité de la pente.

Ce fait est d'autant plus important, que les couches, dans lesquelles il s'observe, sont à la fois très-nombreuses et très-étendues, que l'origine de toutes ces couches est évidemment identique, et qu'elles sont même, au moins en partie, le prolongement les unes des autres. On ne peut évidemment l'expliquer qu'en admettant qu'une partie au moins de ces couches, dont la ressemblance de forme contraste si fortement avec la

variabilité d'inclinaison, ne se trouvent plus aujourd'hui dans leur position originaire.

Désirant appuyer cette conclusion si importante pour la théorie de l'Etna, sur les bases les plus solides possible, je me suis livré à quelques recherches sur les relations qui existent entre la pente sur laquelle se répand une coulée de lave, et la structure que prennent les matières qu'elle laisse sur cette même pente. Il est facile de prévoir *à priori* la nature de cette relation; mais afin d'abréger, je ne reviendrai pas en ce moment sur les considérations que j'ai déjà présentées ailleurs à ce sujet (1), et je me bornerai à mettre sous les yeux du lecteur un tableau d'observations.

Seulement, pour qu'on ne se méprenne pas sur la nature des données, dont ce tableau se compose, je ferai remarquer que, pour faire, relativement aux formes que les matières fondues prennent sur diverses pentes, des observations qui puissent s'appliquer aux larges assises qui nous occupent, et surtout qui soient propres à donner à leur égard quelques limites numériques, il faut exclure tous les cas, où les matières fondues se sont épanchées en très-petite quantité; que par conséquent, il faut mettre de côté les observations relatives aux scories et aux laitiers des fourneaux, et même celles relatives aux coulées de lave très-peu abondantes, qui dans de très-petites éruptions coulent quelquefois en petits filets, et peu-

(1) *Sur quelques points de la question des cratères de soulèvement*, réponse à quelques objections élevées contre l'hypothèse du soulèvement du Cantal, *Bulletin de la société géologique de France*, t. IV, p. 225; et *Mémoires pour servir à une description géologique de la France*, t. III, p. 193.

vent s'arrêter au milieu de leur course, sous forme de larmes ou même de stalactites.

Les lois de l'hydraulique n'ont pas été déduites de l'observation d'une goutte d'eau, coulant sur la surface verticale d'un carreau de vitre, et celles de l'écoulement de laves ne peuvent pas davantage se déduire d'une simple comparaison, avec une larme de cire coulant le long d'une bougie.

Les grandes coulées de lave doivent à leur grandeur même, qui leur permet de se répandre sur de vastes surfaces, et de ne perdre leur chaleur que dans un laps de temps très-long, un régime qui leur est propre. C'est ce *régime des grands fleuves de matières fondues*, que je me suis proposé de constater par un tableau d'observations.

Depuis que l'Europe a pris la forme qu'elle nous présente aujourd'hui, de vastes coulées de laves ne s'y sont répandues que dans cinq contrées différentes, savoir : le massif de l'Etna, les environs de Naples, l'Auvergne, les bords du Rhin et l'Islande. Les îles Canaries, mieux connues aujourd'hui que beaucoup de parties de l'Europe, ont aussi vu des coulées de lave s'étendre sur plusieurs parties de leur surface. Dans les quatre premières de ces contrées, j'ai examiné par moi-même un grand nombre de ces coulées de lave, dont le volume est assez grand pour être comparé à un fleuve. Sur l'Etna, aux environs de Naples et sur les bords du Rhin, j'ai mesuré directement, au moyen d'un sextant et d'un vase rempli de mercure (1), les pentes de

(1) J'indiquerai ici le procédé que j'ai l'habitude d'employer pour ces sortes de mesures, parce qu'étant simple et facile il pourrait éviter à beaucoup de personnes des soins

toutes les grandes coulées, qui ne se sont pas trouvées recouvertes par des déjections postérieures. Dans l'Auvergne, que je n'ai pas visitée aussi récemment, j'ai déduit les pentes de la plupart des grandes coulées de leur longueur mesurée sur la carte de Desmarest, et de la différence de hauteur de leurs extrémités déterminée par M. Ramond. Pour les îles Canaries, je me suis servi des don-

inutiles. Je place sur le bord du sextant, derrière le miroir fixe, un petit morceau de papier blanc percé d'une ouverture étroite qui correspond à l'axe de la lunette, dont l'instrument est pourvu. Sur la face extérieure du petit morceau de papier est tracée une ligne noire dirigée perpendiculairement au plan du cercle gradué, et interrompue seulement par la petite ouverture dont j'ai parlé, et au milieu de laquelle cette même ligne noire répond. Je verse du mercure dans un vase, de manière à ce qu'il forme une goutte assez large pour présenter une surface plane et horizontale d'une certaine étendue. Je place alors le sextant au-dessus du mercure en tournant la lunette verticalement, et je cherche à apercevoir dans le mercure l'image réfléchie de la ligne noire que porte le papier. Lorsque j'y suis parvenu, je suis certain que le rayon visuel, dirigé de l'image de la ligne noire dans le mercure à son image dans mon œil, ne peut s'écarter de la verticale qu'en raison de ce que cette ligne n'est pas sans épaisseur, et de ce que l'ouverture faite dans le papier a une largeur sensible ; mais ces deux sources d'erreur peuvent très-aisément être atténuées, de manière à ce que le maximum de leur effet possible soit nécessairement au-dessous d'une minute. Étant une fois sûr de la verticalité du rayon visuel qui part de l'image de la ligne noire réfléchie dans le mercure, je n'ai plus qu'à amener l'image d'un objet quelconque, réfléchie sur le miroir mobile, à coïncider avec celle de la ligne noire, pour avoir sur le limbe de l'instrument l'angle compris entre la verticale et une ligne menée du centre de l'instrument à l'objet dont il s'agit, objet qui peut être un point éloigné de la surface d'une coulée de lave, d'un glacier, d'une route, d'une rivière, etc.

nées publiées par M. de Buch, dans sa description physique de ces îles, déjà citée plus haut. Quant à l'Islande, je n'ai pu avoir jusqu'à présent que des données imparfaites, qui m'ont cependant fourni une limite assez remarquable.

Par les moyens que je viens d'indiquer, j'ai réuni 68 mesures de pentes de grandes coulées, nombre assez considérable, sans doute, pour que la loi qu'il s'agit de découvrir se trouve écrite dans leur ensemble. J'ai réuni ces 68 mesures en un tableau dans lequel je les ai rangées par ordre de grandeur, en notant en même temps la manière d'être de la coulée, à laquelle chacune des mesures se rapporte. (*Voyez* tableau n° 5 à la fin du mémoire.)

En construisant le tableau, j'ai eu lieu de remarquer que les inclinaisons des coulées des volcans éteints de l'Auvergne et des bords du Rhin, y sont entremêlées comme au hasard, avec celles des coulées sorties de l'Etna et du Vésuve, circonstance qui mérite peut-être d'être notée, comme offrant une vérification nouvelle de la ressemblance complète, à certains égards, de ceux des volcans modernes et des volcans anciens qui ont produit des coulées de lave.

Le contenu du tableau dont il s'agit peut être résumé ainsi qu'il suit :

Toutes les grandes coulées de lave, même celles qui sont sorties des régions supérieures de l'Etna, et à plus forte raison celles qui sont sorties de montagnes moins élevées, ont réussi à atteindre, avant de perdre leur fluidité, les terrains peu inclinés situés au bas des montagnes. C'est sur ces terrains presque plats, ou bien au bord de la mer, que leur mouvement s'est arrêté, et

aucune d'elles n'a laissé une fraction considérable de la matière qui la composait, sur des pentes inclinées de plus de 7 à 8°.

Lorsque le mouvement de ces *grands fleuves* de laves a commencé sur des pentes rapides, de 18 à 40°, par exemple, il a présenté trois régimes successifs.

Dans la première partie du mouvement, la pente étant considérable, la lave a ruisselé torrentiellement, et les parties qui se sont refroidies à la surface n'ont formé que des lopins irréguliers, qui, après l'écoulement de la lave, sont restés sur le terrain, sous la forme d'une couche de scories à peu près incohérentes.

Plus bas le fleuve de lave a rencontré des pentes moins rapides, il a perdu de sa vitesse, et alors a commencé pour lui un régime nouveau; il s'est revêtu, par l'effet du refroidissement, d'une écorce, dont la partie extérieure a fini par acquérir une rigidité complète, tandis que la partie tournée vers l'intérieur n'était encore que dans cet état pâteux et malléable, par lequel les laves passent, avant de se solidifier complétement. Cette écorce en partie malléable opposait un obstacle au mouvement de la lave, et même elle formait souvent une espèce de grand sac, que la lave était obligée de déchirer ou d'allonger pour pouvoir avancer. Une lutte s'est alors établie entre la lave liquide qui tendait à s'écouler et l'écorce qui tendait à la retenir ou à l'entraver; et de cette lutte sont résultées les contorsions que présentent ordinairement les laves, qui sont restées en nappes continues sur des pentes un peu prononcées. C'est à cette lutte qu'est due l'âpreté des coulées qui couvrent des pentes un peu sensi-

bles, et qu'on désigne sous le nom de *cheires*. Les cheires les plus rugueuses, celles dont le désordre est le plus étonnant et qu'il est le plus difficile de traverser, sont celles qui se sont produites sur des pentes de 3 à 5°, apparemment parce que sur cette pente l'écorce de la lave pouvait déjà acquérir une assez grande épaisseur sans que la lave eût encore trop perdu de sa vitesse, de sorte que la lutte qui s'établissait entre ces deux éléments avait alors son maximum de violence.

L'écorce supérieure d'une coulée séparée de l'écorce inférieure et du sol sous-jacent par une certaine épaisseur de lave liquide ou au moins visqueuse, se trouve dans un état comparable à celui d'un glacier qui, ne pouvant adhérer au sol sous-jacent à cause de la fusion continuelle de sa couche inférieure, se trouve contraint à glisser. On verra, dans le tableau n° 4, que les plus grands glaciers des Alpes, dont j'ai mesuré la pente avec soin, glissent, sur des longueurs qui sont quelquefois de plusieurs lieues, sur des pentes de 3 à 4° seulement.

Sur des pentes de moins de 3°, la lave perdant de sa vitesse, l'écorce a pris plus d'épaisseur, la résistance de cette dernière a pris le dessus, et la cheire a été moins tourmentée.

Mais lorsque la résistance de l'écorce a complétement triomphé, un troisième régime a commencé, la lave s'est alors arrêtée; quoique liquide encore, elle s'est refroidie sans se mouvoir, et elle a pris la forme basaltoïde que j'ai signalée en plusieurs points des bases de l'Etna, du Vésuve et des volcans de l'Auvergne. Pour arrêter ainsi la lave liquide il a fallu généralement que la pente fût de moins de 2°. On a même vu en Is-

lande des laves très-abondantes couler rapidement et sur de grandes longueurs sur des pentes beaucoup plus faibles.

Les vallées de Skaptaa et du Hverfis-Fliot, qu'ont suivies les coulées qui se sont fait jour en 1783 au pied du Skaptar Jokul, en Islande, ne ne doivent pas avoir présenté des pentes générales de plus de 30′, et, comme il s'y trouvait des endroits rapides et même des cascades, il est évident que les laves dont il s'agit doivent y avoir coulé sur de grandes longueurs sur des pentes de moins de 20′. Mais ces laves, qui paraissent avoir été du nombre des plus abondantes dont l'histoire des volcans fasse mention, peuvent bien avoir été aussi du nombre de celles qui ont continué à couler sur les pentes les plus faibles, et le tableau ci-joint montre que beaucoup de coulées très-considérables se sont effectivement arrêtées, faute de pouvoir couler, sur des pentes plus considérables.

Les personnes, à qui la mesure des pentes ne serait pas familière, pourraient peut-être s'étonner qu'un liquide visqueux comme la lave continue encore à couler sur des pentes de moins de 2°; mais leur étonnement cessera probablement aussitôt qu'on leur fera remarquer que les grands fleuves de l'Europe, dont la section transversale est moins étendue que celle des fleuves de lave en question, coulent presque torrentiellement toutes les fois que leur pente atteint seulement un quart de degré, et que, par conséquent, lorsqu'on est conduit à admettre qu'un fleuve de lave s'est arrêté de lui-même sur une pente d'un degré, par exemple, on fait par-là même une très-large part à l'effet de la viscosité des laves et aux obstacles

que leur mouvement éprouve de la part de l'écorce qui les couvre et des scories qui les entourent.

Pour faciliter ce dernier rapprochement, j'ai joint à ce mémoire un tableau, dans lequel sont consignées les pentes d'un grand nombre de cours d'eau, pentes que j'ai mesurées moi-même, comme celles des laves, à l'aide d'un sextant et d'un vase rempli de mercure, ou que j'ai calculées d'après des nivellements exacts qui m'ont été communiqués par M. le baron de Prony, inspecteur général des ponts et chaussées, et par M. Dausse, ingénieur au même corps. (*Voyez* à la fin du mémoire le tableau n° 6.)

Ce qui arrive à un fleuve de lave qui sort des flancs d'un volcan ressemble beaucoup, en dernière analyse, à ce qui arriverait à un fleuve d'eau qui, par un temps excessivement froid, viendrait à sourdre sur les flancs inclinés d'une montagne, dont les pentes, en s'adoucissant graduellement, iraient se confondre avec une plaine. Sur les pentes les plus rapides qu'il parcourrait d'abord, le fleuve d'eau coulerait torrentiellement, et, malgré l'intensité du froid, il ne pourrait que charrier des glaçons, sans se couvrir d'une écorce de glace continue, parce que l'impétuosité de son mouvement briserait cette glace au fur et à mesure de sa formation; mais, arrivé sur des pentes plus douces, le fleuve d'eau perdrait de sa vitesse et se couvrirait d'une écorce de glace sous laquelle il continuerait à couler; enfin, parvenu dans la plaine, il formerait un lac qui, si le froid était suffisant, finirait par se geler en masse. Il y aurait cependant entre le mouvement du fleuve d'eau et celui d'un fleuve de lave deux différences essentielles : la première c'est qu'à pente égale le fleuve d'eau serait beaucoup plus rapide que le fleuve

de lave, à cause de la plus grande mobilité des molécules de l'eau ; et la seconde c'est que la lave, au lieu de passer subitement comme l'eau d'une liquidité parfaite à une rigidité complète, reste pendant un long intervalle de température dans un état mou et malléable, dans lequel elle forme un obstacle au mouvement des parties encore liquides, et dans lequel elle reçoit l'impression des efforts que les parties liquides exercent sur elle, à peu près comme la cire molle reçoit et conserve l'empreinte des doigts. Cette dernière propriété fait qu'on lit les circonstances du mouvement de la lave dans les matières solides qu'elle laisse sur les pentes avec beaucoup plus de facilité qu'on ne lirait celles du mouvement de l'eau dans les glaçons qu'elle aurait laissés sur la pente qu'elle aurait parcourue.

Ainsi on voit de fait, et on s'explique en même temps assez facilement, que la structure des roches, qu'*un large fleuve de lave* a laissées sur la surface du sol, *varie*, *suivant une certaine loi*, *avec la pente de ce même sol*; leur manière d'être est, pour ainsi dire, une *fonction de la pente.*

Peut-être pourrait-on être tenté d'atténuer la valeur des termes de comparaison que nous offre un tableau contenant 68 mesures de pentes de grandes coulées, en objectant que les assises de matières fondues qui entrent dans la composition du massif du Val-del-Bove pourraient s'être étendues sous la mer; mais, d'une part, rien n'indique que ces assises aient pris naissance sous la mer, et, de l'autre, la production d'une pareille objection nous dispenserait de continuer la discussion, car la mer n'ayant pu séjourner à 3.000 mètres au-dessus de son niveau actuel pendant la période géologique récente durant laquelle les couches

dont il s'agit se sont formées, cette supposition impliquerait à elle seule celle d'un soulèvement postérieur.

On ne peut donc arguer que les assises de laves qui entrent dans la composition des flancs du Val-del-Bove n'aient pas coulé à l'air libre; de plus elles présentent des dimensions horizontales comparables à celles des plus grandes coulées vomies par les volcans actuels; leur composition minéralogique est d'ailleurs presque identique avec celle des laves de l'Etna moderne; les lois déduites du tableau ci-dessus leur sont par conséquent applicables. On doit donc supposer que sur des pentes très-différentes les unes des autres, elles auraient contracté des structures très-différentes aussi, et puisqu'on voit que celles de ces assises qui sont presque horizontales, celles dont l'inclinaison augmente graduellement et celles même qui sont inclinées sur de grandes étendues de 27°, ont, en tous points, la même manière d'être, on est fondé à conclure que la différence qui existe dans leurs positions actuelles est la conséquence d'un mouvement que les unes ou les autres ont éprouvé depuis l'époque de leur solidification.

Il ne reste plus qu'à savoir quelles sont celles de ces assises qui ont changé de position, celles qui sont horizontales ou bien celles qui sont inclinées. Or, le tableau que j'ai formé permet de résoudre immédiatement cette question.

En effet, ces assises, dont la manière d'être uniforme atteste qu'elles se sont toutes solidifiées sur des pentes sensiblement égales, ne se présentent jamais sous la forme de *cheires*, et se réduisent encore moins à de simples couches de scories détachées. L'écorce scoriacée, qui forme la partie supé-

rieure de chaque assise du Val-del-Bove, est le plus souvent recouverte, soit par de simples lapilli, quelquefois très-fins, soit par un conglomérat de scories en fragments anguleux à la vérité, mais dont la grosseur est toujours peu considérable. Nulle part on ne trouve leur surface chargée de cette multitude de gros blocs, confusément entassés, souvent redressés verticalement, qui ont fait si justement comparer les cheires à des rivières qui charrient et finissent par se geler; nulle part on ne voit l'écorce supérieure de l'assise se briser, se froncer, se redresser verticalement, comme cela arrive si habituellement dans les cheires; nulle part on ne voit la masse entière de l'assise s'arquer de manière à laisser au-dessous d'elle un vide susceptible de devenir une caverne, comme cela s'observe si habituellement dans les cheires de l'Etna et du Vésuve, partout où on peut en voir une section, notamment dans les tranchées des routes ouvertes récemment sur les flancs de l'Etna. Ces assises solides du Val-del-Bove ne ressemblent réellement qu'aux parties des coulées modernes qui se sont étendues sur des terrains presque plats, où leur mouvement est devenu très-lent et où elles se sont bientôt arrêtées d'elles-mêmes. Je n'en ai observé aucune qui, par la forme de sa section, m'ait paru comparable à une coulée qui aurait parcouru pendant longtemps une pente inclinée seulement de 3°.

Indépendamment de ces caractères relatifs à tous les points des assises formées de matières fondues, une des circonstances que les coulées de lave présentent le plus invariablement toutes les fois qu'elles ont parcouru des talus où elles pouvaient acquérir une certaine vitesse, caractères que j'ai observés sur toutes sortes de pentes de-

puis 33° jusqu'à 2°, et que je n'ai cessé d'observer que là où les coulées se sont arrêtées faute de pente, consiste en ce que chaque coulée est flanquée de part et d'autre par une digue de scories accumulées qui rappelle par sa forme la moraine d'un glacier; digue qui s'élève constamment à une hauteur supérieure à celle à laquelle la coulée s'est réduite à la fin du mouvement, et qui marque le maximum de hauteur qu'elle a atteint dans le moment de son plus grand gonflement. Souvent aussi les coulées présentent de pareilles digues vers leur milieu, lorsqu'elles se sont partagées en plusieurs courants distincts coulant l'un à côté de l'autre. Ces digues ou bourrelets forment nécessairement un des traits distinctifs du profil d'une coulée qui a suivi un plan incliné. Or, avec quelque soin que j'aie promené ma lunette sur les milliers d'assises de lave si diversement inclinées, qu'on observe dans les escarpements du Val-del-Bove, je n'ai pas pu y découvrir une seule fois la plus légère trace d'une digue ou d'un bourrelet de cette nature, et de ce seul fait je croirais pouvoir conclure que les assises de matières fondues, dont le Val-del-Bove présente les tranches, ne se sont pas arrêtées faute de chaleur sur des pentes plus ou moins considérables, mais qu'elles se sont au contraire étendues et arrêtées très-chaudes et très-fluides encore, sur des pentes extrêmement faibles, inférieures à celles sur lesquelles les *cheires* se produisent de nos jours.

D'après cela, il est évident que celles de ces assises dont l'inclinaison originaire a changé sont celles qui sont aujourd'hui fortement inclinées, et que celles qui sont presque horizontales, comme, par exemple, les couches qui forment l'escarpement du Serre-del-Solfizio ont au contraire con-

servé à peu près relativement à l'horizon leur position originaire.

Les considérations que je viens de développer concourent donc, avec les cinq autres classes de considérations discutées dans les paragraphes précédents, pour montrer que *les parties des assises des escarpements du Val-del-Bove, qui sont fortement inclinées, ne sont plus aujourd'hui dans la position dans laquelle elles se sont primitivement entassées*.

Ainsi je crois pouvoir regarder comme *prouvé* que les assises dont se compose le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna, ont été écartées de leur position initiale. Or, il est aisé de reconnaître que l'inclinaison qu'ont éprouvée quelques parties de ce système de couches n'a pas été un simple mouvement de tassement ou l'effet de dislocations partielles. Il suffit de jeter un coup d'œil sur les panoramas que j'ai dressés pour voir que ces inclinaisons présentent une disposition d'ensemble, indice évident d'une tuméfaction générale qui, en élevant tout le massif de la gibbosité centrale, a imprimé aux parties latérales un mouvement de bascule.

D'après cela on peut aisément se rendre compte des principales circonstances de la formation du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna. Le sol, jadis à peu près plat, qui se trouve occupé aujourd'hui par cette gibbosité, s'est d'abord fendu à un grand nombre de reprises successives, suivant diverses lignes d'une direction presque constante. Par les fentes ainsi produites, sont sorties des matières fondues, dont la fluidité devait être complète, puisqu'elles s'épanchaient par des fentes de peu de largeur. Ces matières se sont répandues de part et d'autre de l'ouverture des

fentes en nappes minces et uniformes, analogues aux nappes basaltiques qui, dans tant de contrées diverses et notamment en Islande, se sont superposées les unes aux autres en formant de vastes plateaux, dont la surface restait toujours à peu près horizontale par suite de la répartition sur un grand espace des lignes successives d'éruption. Ces éruptions étaient déjà accompagnées comme celles qui se produisent de nos jours de grands dégagements de fluides élastiques qui, sortant comme la lave elle-même par toute l'étendue des fentes, entraînaient avec eux des scories et des cendres. Ces scories et ces cendres, retombant en forme de pluie tant sur le bain de lave que sur les espaces environnants, produisaient ces assises uniformes de matières fragmentaires qui alternent avec les assises de matières fondues.

Mais un jour l'agent intérieur qui fendait si souvent le terrain, ayant sans doute déployé une énergie extraordinaire, l'a rompu et soulevé. *Dès lors l'Etna a été une montagne*, et un canal de communication entre l'intérieur du globe et l'atmosphère étant resté ouvert dans la partie la plus soulevée, cette montagne a été *un Volcan permanent*.

Auparavant il n'y avait encore eu, dans l'emplacement où il se trouve, qu'un groupe nombreux de *Volcans éphémères* répandus sur un terrain presque plat au milieu d'un pays calcaire, à peu près comme les puys de scories de l'Auvergne, dont chacun fut aussi dans l'origine un *Volcan éphémère*, se trouvent répandus sur leur plateau granitique, et comme les petits cônes de scories de l'Eifel se trouvent épars sur leurs collines siluriennes.

Le soulèvement ne paraît pas s'être opéré ici avec

le même degré de simplicité que dans les localités où il a donné naissance à des cratères de soulèvement réguliers, tels que celui de l'île de Palma, ou les cirques de Ténériffe et de la Somma. L'effort qui a soulevé la gibbosité de l'Etna paraît avoir agi, non en un point unique et central, mais suivant une ligne droite, représentée par l'axe de l'ellipse dont font partie les flancs méridionaux, septentrionaux et orientaux du Val-del-Bove, et il paraît avoir agi inégalement sur les diverses parties de cette ligne droite, de manière que son extrémité occidentale, qui répond à la cheminée volcanique actuelle, a été soulevée plus que tout le reste.

Un pareil soulèvement n'a pu se produire sans que les masses soulevées aient été déchirées, et les déchirements ont dû coïncider principalement avec la ligne de soulèvement ou diverger en rayonnant de ses extrémités.

L'état actuel des parties des masses soulevées, qui subsistent encore et qui n'ont pas été recouvertes, répond pleinement à cette condition. Les parois de l'extrémité inférieure du Val-del-Bove sont découpées par des vallées divergentes, telles que la Porta-de-Callana dont l'origine première ne peut guère être attribuée qu'à un déchirement; de plus, vers l'extrémité supérieure du Val-del-Bove, les escarpements de la *Schiena-del-Asino* sont séparés de ceux du *Serre-del-Solfizio* par un large talus où les assises de laves anciennes ne se montrent pas en place, et qui paraît n'être formé que de matières éboulées. L'origine de cette dernière échancrure, dont le *Val-del-Leone* marque le prolongement, peut être attribuée avec vraisemblance à une grande déchirure comblée en partie par l'écroulement de ses deux parois.

La partie de la gibbosité centrale qui supporte le *Piano-del-Lago* doit nécessairement avoir été crevassée elle-même ; mais les produits modernes ayant ici tout recouvert, on ne peut y faire à cet égard aucune recherche. On peut toutefois remarquer que la cheminée principale de l'Etna se trouve à peu près dans le point où il est le plus naturel de concevoir que les principales déchirures ont dû se croiser.

Le cirque elliptique du Val-del-Bove présente donc tous les caractères d'un *cratère de soulèvement irrégulier*, et ici, comme dans tous les cratères de soulèvement, et même dans les cratères lacs de l'Eifel, se présente en seconde ligne la question de savoir ce qu'ont pu devenir les matières qui devaient remplir en partie l'emplacement actuel du cirque. Il est en effet évident que les fractures produites par le soulèvement ne pouvaient, à beaucoup près, égaler en largeur le Val-del-Bove lui-même ; on pourrait le prouver par le calcul, mais un simple coup d'œil jeté sur la carte ou sur le modèle en relief en dira assez à cet égard. On trouve d'ailleurs dans le fond du Val-del Bove des rochers de laves anciennes, tels que la *Rocca-Musarra* et la *Rocca-della-Capra*, qui paraissent n'être que les pointes de masses plus considérables de laves anciennes ensevelies sous les déjections modernes.

Mais que sont devenus les massifs dont ces derniers rochers ne sont que des témoins, et entre lesquels le soulèvement n'avait pu produire que des fentes infiniment moins larges que l'espace qui reste vide aujourd'hui. Ce qui manque de ces massifs a-t-il été projeté en l'air, ou bien s'est-il englouti dans les abîmes volcaniques ?

J'ai déjà discuté précédemment cette question,

et, sans prétendre la décider d'une manière absolue, j'ai annoncé que je partage l'opinion de M. Buckland, de M. Lyell et de M. de Buch, qui regardent comme la plus probable l'hypothèse de l'engloutissement des matières manquantes dans quelque abîme intérieur. D'abord, on ne trouve sur les montagnes calcaires qui environnent l'Etna aucune trace de l'énorme pluie de matières volcaniques incohérentes qui n'aurait pu manquer d'avoir lieu si toute la matière qui manque dans le Val-del-Bove avait été projetée dans les airs. En outre l'hypothèse de l'engloutissement me paraît d'autant plus plausible, qu'elle est, en quelque sorte, indiquée par les phénomènes plus petits, mais du reste analogues, qui se sont passés sous nos yeux à diverses époques peu éloignées, sur la surface du Piano-del-Lago. Là en effet se sont produits, par écroulement sur des fentes occasionnées par les secousses des éruptions, l'entonnoir circulaire de la *Cisterna* et plusieurs autres du même genre, et même le petit cratère qui, en 1832, a pris la place de la cime auparavant la plus élevée.

Du moment où, pour expliquer la disparition des masses qui remplissaient le Val-del-Bove, on est obligé d'avoir recours à l'hypothèse d'un grand effondrement, on ne peut se dispenser de chercher à rendre raison de la production du vide intérieur dans lequel une si grande masse de matière devra s'être engouffrée. Or, l'observation nous apprend que ces entonnoirs circulaires, que nous voyons naître de nos jours, se produisent constamment sur les fentes qui résultent des secousses que la montagne éprouve au moment des éruptions, et qui la soulèvent d'une petite quantité. La matière qui remplissait ces en-

tonnoirs va évidemment remplir les vides que laissent dans l'intérieur de la montagne, soit l'écoulement des laves ou leur retraite vers l'intérieur de la terre, soit le fait même du léger soulèvement dont les fentes de la surface donnent la preuve et la mesure. L'analogie conduit naturellement à supposer que l'effondrement du Val-del-Bove a de même été la conséquence d'un phénomène analogue aux secousses et aux fractures de la montagne actuelle qui précèdent et accompagnent les éruptions, mais d'une grandeur infiniment plus considérable et proportionnée à celle du Val-del-Bove lui-même. L'hypothèse de l'effondrement n'est véritablement que le complément de celle de la production des fentes, ou, en d'autres termes, de celle du soulèvement. L'abîme intérieur aura été produit par le soulèvement, et peut-être aussi en partie par l'action antérieure des phénomènes volcaniques.

Le soulèvement du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna étant regardé comme établi, on pourrait se demander si ce soulèvement a été graduel, ou bien s'il s'est opéré subitement et d'un seul coup.

Cette dernière supposition me paraît la seule admissible. En effet, la grande analogie de composition qui existe entre les déjections qui composent le noyau de la gibbosité centrale et celles que l'Etna produit aujourd'hui, conduit à penser que le feu volcanique actuel n'est que la continuation de celui qui a produit ces anciennes déjections. Or, le feu ne s'étant pas éteint si le soulèvement de la gibbosité centrale s'était opéré par degrés, il y aurait continuité et enchevêtrement entre les produits anciens et les produits modernes; il n'y aurait pas entre eux cette dis-

cordance complète de gisement qui constitue un des traits les plus frappants de la structure de l'Etna.

De plus, les analogies qui nous ont porté à conclure que le vide du Val-del-Bove est dû en grande partie à un phénomène d'éboulement, doivent aussi nous faire présumer que cet éboulement s'est opéré subitement, comme ceux du Papandayang et du Carguairazo, et cette supposition est même la seule qui soit en rapport avec la régularité de notre cirque et avec l'harmonie générale de ses diverses parties, qui présentent bien plutôt l'image du vide laissé par un écroulement opéré d'un seul coup, que du résultat d'un écroulement opéré par parties successives. Immédiatement avant de s'écrouler, les parties éboulées devaient former une voûte suspendue au-dessus d'un vide dû en partie au soulèvement même. Si le soulèvement s'est opéré subitement, on peut également concevoir que l'éboulement des parties soulevées ait eu lieu immédiatement, ou bien qu'il n'ait eu lieu que longtemps après, comme dans le cas du Papandayang et du Carguairazo. Mais si le soulèvement avait été graduel, comment l'arc-boutement général des diverses parties les unes contre les autres, nécessaire à l'existence de la voûte, aurait-il pu continuer à subsister pendant toute la durée de la marche progressive du soulèvement? Un écroulement instantané ne peut évidemment avoir été préparé que par un soulèvement unique et brusque.

Un soulèvement de cette dimension ne peut manquer d'avoir été, non-seulement dans l'histoire de la Sicile, mais même dans l'histoire du continent européen, un événement important.

Si une simple éruption de l'Etna, dont l'effet

n'est que de fendre simplement le massif et d'ouvrir par cette fente une issue aux matières gazeuses et fondues, devient, pour la Sicile entière et pour une partie de l'Italie, l'occasion de secousses redoutables, quel n'a pas dû être sur ces mêmes contrées l'effet de la commotion qui a soulevé la gibbosité centrale de l'Etna, commotion qui, à en juger par la comparaison des effets produits sur l'Etna lui-même, a dû être à peu près aux éruptions ordinaires, ce que l'explosion d'un magasin à poudre est à un coup de pistolet? Si dans quelques cas les ébranlements qui ont accompagné ou précédé les éruptions de l'Etna se sont propagés jusqu'en Bohême, jusqu'en Perse, jusqu'aux Açores et même jusqu'au Mexique, la commotion qui a soulevé la gibbosité centrale de l'Etna n'a-t-elle pas dû être accompagnée sur une partie considérable de la surface du globe d'une véritable révolution?

L'idée d'un semblable événement a certainement de quoi provoquer le scepticisme, et on conçoit que des esprits circonspects puissent reculer pendant quelque temps devant la nécessité de l'admettre. Peut-être même les géologues les plus hardis balanceraient-ils à concevoir une pareille hypothèse, si leur imagination n'était familiarisée depuis longtemps avec l'image de catastrophes bien plus grandes encore, dont les preuves, d'un tout autre genre que celles qui viennent de nous occuper, s'observent dans un grand nombre de points de l'écorce du globe, dans les Pyrénées, dans les Alpes et jusque dans les couches calcaires qui forment les montagnes de la Sicile et sur l'extrémité desquelles s'étendent les laves de l'Etna.

Mais bien que la démonstration de la formation par soulèvement du noyau central de l'Etna

n'agrandisse en aucune manière le champ des idées géologiques, j'ai cru devoir mettre un soin particulier à constater la réalité de cet événement, parce que la possibilité d'un soulèvement, si généralement admise aujourd'hui pour les montagnes couvertes de restes marins, avait été révoquée en doute pour les montagnes formées de matières volcaniques.

On pourrait en effet concevoir qu'une cheminée volcanique, en ouvrant une issue aux causes de désordre qui s'agitent dans l'intérieur de notre globe, joue, par rapport au sol qu'elle traverse, le rôle d'une soupape de sûreté. Mais comment ne remarquerait-on pas en même temps, d'une part, qu'un sol crevassé à mille reprises diverses par les éruptions volcaniques est nécessairement une des parties les moins solides de l'écorce terrestre, et, de l'autre, qu'un foyer volcanique nous laisse apercevoir un appareil mécanique doué d'une puissance véritablement incalculable?

On a vu précédemment qu'il est démontré, par les produits mêmes des éruptions, que le point de départ de la colonne de lave qui s'élève si souvent jusqu'à la cime de l'Etna, à plus de 3,300 mètres de hauteur, se trouve au-dessous d'une masse de roches primitives qui ne peut manquer de s'étendre beaucoup au-dessous du niveau des mers. Il est par suite aisé de calculer que la base de cette colonne liquide se trouve soumise à une pression hydrostatique de plus de mille atmosphères. Or, qui pourrait se flatter de connaître assez bien l'intérieur des abîmes volcaniques pour assurer que cette pression hydrostatique ne trouve pas à s'y exercer sur une large surface, et qui oserait assigner la limite des effets qu'une pareille machine a pu produire, si, une seule fois dans le

cours des siècles, le jeu de la soupape de sûreté s'est trouvé dérangé?

En faisant même abstraction de ces dernières considérations, il est évident que la grandeur de l'effort qui aurait été nécessaire pour soulever à sa hauteur actuelle le cône intérieur de l'Etna ne pourrait devenir un motif de rejeter ma supposition, que dans le cas où on ne pourrait citer dans des terrains également volcaniques des exemples d'efforts analogues. Or, comme je l'ai déjà rappelé, le cône intérieur de l'Etna a des dimensions tout à fait comparables à celles des grands cônes des Andes, le Chimborazo, l'Antisana, le Cotopaxi, le Pichincha, qui, depuis les savantes recherches de M. de Humboldt et de M. Boussingault, peuvent être classés parmi les volcans les mieux connus de la terre.

Si l'Etna s'élève à une hauteur absolue beaucoup moindre, cela tient non à ce qu'il est moins volumineux, mais à ce que la base du cône intérieur de l'Etna se trouve à peu près au niveau de la mer, tandis que celles des cônes volcaniques des Andes se trouvent à la hauteur du plateau qui porte la ville de Quito, ainsi que le montre le tableau suivant :

Ville de Quito (au-dessus de la mer).		2,908m.		
Chimborazo.	—	6,530	(au-dessus de Quito)	3,622m.
Antisana.	—	5,833	—	2,925.
Cotopaxi.	—	5,753	—	2,845.
Pichincha.	—	4,853	—	1,645.
Ville de Mexico.	—	2,277.		
Popocatepetl.	—	5,400	(au-dess. de Mexico)	3,123m.
Pic d'Orizaba.	—	5,295	—	3,018.
Coffre de Perote.	—	4,088	—	1,811.
Noyau intérieur de l'Etna (pied du cône supérieur au-dessus de la mer).				2,975.

Cette différence de gisement entre l'Etna et les

volcans des Andes est accompagnée d'une différence non moins grande dans le jeu de leurs éruptions. D'après les recherches de M. Boussingault, ceux mêmes de ces derniers cônes qui présentent à leur cime un cratère en activité ne sont recouverts que de scories et ne présentent pas sur leurs flancs de coulées de laves, tandis que l'Etna présente un manteau formé en partie de laves qui ont ruisselé sur ses flancs et dont une partie sont sorties de son cratère.

Le fait que la base des cônes des Andes est située à une hauteur absolue à peu près égale à celle de la cime de l'Etna, explique à lui seul cette différence des éruptions, car il en résulte que le même effort des agents intérieurs, qui peut faire sortir les laves par le cratère de l'Etna, ne peut que les faire bouillonner dans les cheminées des cônes des Andes à la hauteur de la base sur laquelle ils s'élèvent.

A la différence qui vient d'être signalée dans les effets des éruptions actuelles, se joint encore une différence correspondante dans la composition des cônes eux-mêmes, car le noyau de celui de l'Etna ne se compose que de couches superposées de matières fondues et de matières fragmentaires, tandis que les cônes des Andes ne se composent que de trachyte massif qui ne paraît pas avoir jamais coulé, d'où M. Boussingault a conclu avec juste raison que la formation de ces cônes ne peut s'être opérée que par voie de soulèvement.

On voit donc que le soulèvement de l'Etna ne constituerait pas un fait isolé dans l'ensemble des faits volcaniques. On voit, au contraire, que l'explication donnée encore aujourd'hui par beaucoup de géologues à l'origine de cette mon-

tagne, qu'ils supposent formée par des coulées de lave déversées les unes par-dessus les autres autour d'un orifice central, ne pourrait jamais être qu'une explication spéciale, à laquelle, d'après ce qui vient d'être rappelé, un grand nombre de cônes volcaniques échapperaient complétement, tandis que l'explication à laquelle je me trouve conduit directement par un examen attentif de la structure de l'Etna lui-même se trouve n'être, en dernière analyse, que l'application d'un principe général auquel presque toutes les montagnes sont soumises. On s'y trouve également amené par l'observation d'autres cônes qui, bien que volcaniques eux-mêmes, ont une structure toute différente, de cônes dont la masse égale celle de l'Etna, et dont le gisement élevé semble avoir exigé de la part des agents intérieurs qui les ont soulevés des efforts plus grands encore que le soulèvement auquel j'attribue l'origine première du mont Etna.

Admettons donc à son tour parmi les masses les plus évidemment soulevées, cette pyramide singulière que son isolement rend si imposante, à laquelle les Arabes ont laissé le nom de *Gibel* (la montagne par excellence), dont les Grecs avaient avant eux célébré la grandeur, dont les monuments de l'antiquité nous attestent l'état permanent, qui semblait un piédestal élevé par la nature sur un des principaux laboratoires des agents volcaniques, pour recevoir, dans le cours des siècles, quelque monument de leur puissance, mais dont les éruptions actuelles ne font que modifier d'année en année la mesquine et mobile décoration, et dont la belle conservation et la nudité partielle offrent un exemple remarquable

de la faiblesse relative des causes qui agissent sous nos yeux, comparées à celles auxquelles sont dues les formes initiales des montagnes.

Mais si l'Etna est, comme les lacs de la Suisse, comme les éboulements des Alpes et les moraines de leurs glaciers, un témoignage frappant du peu d'effet qu'ont produit depuis le commencement de l'état présent des choses sur notre globe les phénomènes qu'y produisent des changements journaliers, il ne s'ensuit nullement que l'Etna doive son origine à un renversement des lois de la nature, ni à des forces autres que celles qui, plus ou moins modifiées, font encore partie du mécanisme de la nature actuelle.

On ignore combien de générations ont dû se succéder sur les bords d'une rivière, pour que le peuple qui les habite ait inscrit dans ses annales toutes les sécheresses, toutes les crues, toutes les débâcles, les anomalies de tous genres que le régime de cette rivière est susceptible de présenter. A plus forte raison ignore-t-on quel lapse de temps est nécessaire pour qu'un foyer volcanique parcoure le cercle entier des accidents dont il est susceptible, et, à bien plus forte raison encore, l'ignore-t-on pour le globe terrestre pris en masse.

Prétendre que les 4,000 ans dont nous avons des chroniques suffisent pour nous faire connaître tous les écarts que peut présenter la marche des mystérieux appareils de la nature, c'est supprimer la question au lieu de la résoudre. Prétendre même que les écrits des hommes devront comprendre à la longue le récit de tous les événements physiquement possibles, c'est poser en principe, comme l'a si justement remarqué sir James

Hall (1), qu'il ne peut survenir sur notre globe d'événements assez considérables pour faire disparaître, sinon tous leurs contemporains, du moins tous leurs témoins oculaires.

Tout en attestant à sa manière combien sont rares et violents les phénomènes passagers dont les montagnes sont les monuments, l'Etna semble aussi indiquer, par les rapprochements qu'il nous a fournis, que les causes de ces phénomènes ne diffèrent pas dans leur principe de celles qui agissent journellement, et que l'erreur du sytème qui attribue toutes les apparences géologiques à une longue répétition des phénomènes journaliers, consiste surtout en ce qu'il ne renferme qu'une partie de la vérité.

L'exemple de l'Etna montre à lui seul que les géologues qui soutiennent encore ce système commettent, dans l'ordre des temps, une erreur analogue à celle que Werner commettait dans l'ordre des distances, lorsqu'il supposait l'Ecorce terrestre toute entière composée sur le modèle de la Saxe sa patrie.

---

(1) Voyez dans le tome VII des Mémoires de la société royale d'Edinburg, les mémoires du célèbre *géologue-physicien*, intitulés : *On the revolutions of the earth's surface.*

TABLEAU N° I.

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon de divers talus connus dont on peut se servir comme terme de comparaison.

	PENTE par mètre.	PENTE en degrés sexagésimaux.
	m.	degrés. min. s.
Pente à peu près insensible à l'œil	0,0029	10'00
Pente qu'on cherche aujourd'hui à ne pas dépasser dans le tracé des chemins de fer	0,0050	17.11
Pente du chemin de fer de Rive-de-Gier à Givors (Les chars descendent d'eux-mêmes sur cette pente)	0,0060	20.38
Pente déjà très-sensible à l'œil (mesurée sur la route de Saint-Malo à Matignon, Côtes-du-Nord).	0,0099	34.00
Pente maximum du chemin de fer de Liverpool à Manchester. $\frac{1}{96}$.	0,0104	35.46
Pente du chemin en fer de Saint-Étienne à Rive-de-Gier. (Les chars livrés à eux-mêmes y acquièrent une très-grande vitesse, source de nombreux accidents.)	0,0140	48.07
Pente de la grande route de la montagne de Tarare (entre Lyon et Roanne)	0,0300	1°43.06
Pente d'une portion de route, médiocrement inclinée, mesurée entre Saint-Malo et Matignon (Côtes-du-Nord)	0,0381	2.11.00
Pente d'une partie de la route de la Faucille, dont l'inclinaison semble déjà assez notable entre l'embranchement de la route de Nyon et la Combe-de-Mijoux (Jura).	0,0495	2.50.00
Pente des plans inclinés du chemin en fer de Saint-Étienne à Roanne (On y remonte les chars à l'aide de machines fixes)	0,0500	2.51.45
Pente maximum tolérée actuellement en France dans le tracé des routes royales.	0,0500	2.51.45
Pente maximum de la route du Mont-Cenis.	0,0700	4.00 15
Pente d'une portion de route que les voitures fortement chargées ne peuvent descendre sans enrayer (mesurée près de Belle-Ile-en-Terre, Côtes-du-Nord).	0,0764	4.22 00
Pente [illegible]		

		.o'
Pente de la partie de la route la plus inclinée entre Carhaix et Gourin (Finistère). (Elle est dangereuse à descendre en voiture, même en enrayant)	0,1614	9.10.00
Pente maximum des rampes dans les ouvrages de fortification. $\frac{1}{6}$	0,1666	9.27.44
Pente d'une portion de route assez rapide pour devenir glissante et difficile à parcourir après la pluie (mesurée près de Pleiben, Finistère)	0,1723	9.46.30
Pente du chemin qui monte au Menez-Brée (Côtes-du-Nord). (C'est à peu près la limite des pentes sur lesquelles on emploie habituellement les charrelles.)	0,1875	10.38.00
Portion de route que les voitures ne montent qu'avec la plus grande peine pour arriver au bureau de douanes de Meleck près Reichenhall (Bavière). Elle touche évidemment à la limite de celles sur lesquelles l'emploi des voitures est possible	0,2309	13.00.00
Pente très-rapide qu'on ne peut pas descendre en voiture (Humboldt, Relation historique, tome 1er, pag. 333, in-8o)	0,2679	15.00.00
Pente de quelques grèves de la rade de Brest, sur lesquelles on marche très-difficilement quand elles sont couvertes de gouëmon glissant (algues et fucus)	0,2679	15.00.00
Pente sur laquelle serpente le chemin des Mulets, qui monte du village de Val-Severanche aux premiers chalets de la montagne de Juan (Val-d'Aoste). Cette pente se présente très-habituellement dans les flancs des vallées alpines	0,3256	19.00.00
Pente que dépassent rarement les flancs couverts de joncs marins, de bruyère ou d'herbe fine des vallées de Belle-Ile et du reste de la Bretagne	0,4453	23 à 25.00 00
Pente d'une rampe taillée dans le roc pour descendre à une batterie à Belle-Ile. (C'est à peu près la limite des surfaces pierreuses unies sur lesquelles un homme puisse monter et descendre facilement)	0,4663	25.00 00
Pente d'un escalier dont les marches ont une largeur double de leur hauteur. (Un pareil escalier paraît très-roide.)	0,5000	26.34.00
Pente couverte de joncs marins, à peu de distance de Saint-Brieuc, sur la route de Paimpol (Côtes-du-Nord) (Elle paraît extrêmement rapide.)	0,5095	27.00.00
Pentes couvertes de gazon et de granges dispersées entre Lourtier et le Chabley sur le flanc droit de la vallée de Bagnes (en Valais). (Cette pente peut déjà être citée comme très-rapide parmi les pentes gazonnées des Alpes.)	0,5543	29.00.00
Pentes les plus fortes que les mulets puissent monter lorsqu'ils sont chargés (Saussure, § 774). Des mulets non chargés peuvent monter des pentes encore plus rapides	0,5543	29.00.00

Suite du tableau n. 1.

	PENTE par mètre.	PENTE en degrés sexagésimaux.
	m.	degrés. min. s.
Pente sur laquelle serpente le sentier de la Féja, qui descend du Montanvert à la source de l'Arveiron, dans la vallée de Chamouny	0,5774	30.00.00
Pentes gazonnées en haut des falaises de l'île d'Ouessant. (Une pierre sur sa tranche y roule sans s'arrêter.)	0,5774	30.00.00
Pentes déjà difficiles à monter sur un sol dur et parfaitement uni, d'après Bouguer et Saussure.		30 à 31.00.00
Plan très-incliné, couvert d'un bois de hêtres, sur lequel est tracée la route en zigzag et taillée en escaliers, qui conduit de Hallstadt à la mine de sel du même nom (Haute-Autriche).	0,5774 } 0,7002 }	30 à 35.00.00
Pente d'un sentier que sa roideur rend difficile à gravir (Saussure, § 641. Bouguer, en gravissant les Andes du Pérou, a observé qu'une pente à ce degré d'inclinaison est à peu près la plus rapide qu'un homme puisse monter sur un sol dur et parfaitement uni).	0,6009	31.00.00
Pente des talus de menus débris couverts d'herbe fine au pied des escarpements du flanc méridional du vallon de Verne, au fond de la vallée de Vauvrier dans le bas Valais. (Cette pente se reproduit très-fréquemment dans des circonstances analogues.)	0,6249	32.00.00
Pente couverte de sarrasin, qui paraît très-rapide pour un terrain cultivé, entre la route et l'Eisack, à quelque distance de Klausen, sur la route de Botzen (Tyrol).	0,6249	32.00.00
Pente des bois de sapins du Montanvert, près de Chamouny. La plupart des voyageurs ne regardent cette pente qu'avec crainte dans les parties où la forêt est dégarnie	0,6494	33.00.00
Champs de sarrasin sur des pentes qui paraissent extrêmement rapides pour des terres cultivées, au-dessus d'Assling, dans le Pusterthal (Tyrol).	0,6494	33.00.00
Pente intérieure du cratère du Monte-Nuovo, près de Pouzolles, entaillé dans le tuf ponceux, du côté du N. 10° O.	0,6745	34.00.00
Pentes gazonnées les plus inclinées sur les flancs des vallées de Belle-Ile (elles sont difficiles à		

nés, extrêmement rapides, qu'on ne peut descendre sans glisser que parce que les moutons, à force d'y marcher, les ont façonnés en gradins.	0,7536	37.00.00
Pentes presque inaccessibles à pied si le sol est nu roc ou un gazon trop serré pour qu'on puisse y former des gradins avec le pied (Humboldt, *Relation historique*, tome 1er).	0,7536	37.00.00
Pente ravinée sur laquelle sont épars des sapins en partie déchaussés et qui paraît très-rapide, mesurée un peu après Starkenbach entre Landeck et Imst (Tyrol), entre la route et l'Inn.	0,8391	40.00.00
Pente couverte de sapins, entre la route et la Sarine, au-dessus du château d'Oex (canton de Fribourg). (Elle fait l'effet d'un précipice, et on l'a garnie de garde-fous).	0,9004	42.00.00
Pente couverte de sapins, qui paraît excessivement rapide entre le chemin et l'Isère, qui coule à 200 mètres plus bas; au-dessus de Sainte-Foy (en Tarentaise).	1,0000	45.00.00
Pentes gazonnées, déjà trop inclinées pour que les moutons puissent y aller brouter l'herbe (mesurées à l'O. du port de Craven sur le revers nord de la presqu'île du Raz, Finistère). .	1,1918	50.00.00
Pentes tout à fait inaccessibles (vues d'en haut on les juge de 75°. Humboldt, *Relation historique*, tome 1er).	1,4281	55.00.00

TABLEAU N° 2.

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon de divers talus formés par éboulement.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
Pente maximum de la partie supérieure d'une levée formée de gros galets plats de gneiss dans l'anse de Saint-Anne (goulet de la rade de Brest).	14°00′00″	0,2493
Pente maximum du côté de la mer d'une levée de gros galets de granit, de gneiss, de micaschiste sur la côte de l'île de Quemenès (Finistère).	16	0,2867
Pente maximum d'une levée de gros galets dans la baie de Pen-Hir, au sud de Camaret (Finistère).	17	0,3057
Pente maximum d'une levée de gros galets dans la partie ouest-sud-ouest de l'île de Molène (Finistère).	18	0,3249
Pente de l'assise de scories agglutinées qui forme la cime du Monte-Nuovo et sa pente du côté de Pouzolles.	18	0,3249
Pente méridionale du cône volcanique du Mosenberg à l'est de l'issue de la lave (dans l'Eifel)	18	0,3249
Pente extérieure assez exactement rectiligne du principal cône de scories, produit sur le flanc méridional du Vésuve par l'éruption de 1794.	20	0,3640
Pente d'une plage formée de très-gros galets de granit, de gneiss, de quartz, etc., dans une petite baie de la partie nord-ouest de l'île de Molène (Finistère).	20	0,3640
Pente d'une levée de gros galets de granit, de gneiss, de micaschiste sur la côte de l'île de Quemenès (Finistère) (inclinaison du côté d'un étang que cette levée sépare de la mer).	22	0,4040
Pente de l'arête du cône de scories vitreuses des Camaldoli, qui regarde Torre del Anunziata au pied méridional du Vésuve.	22	0,4040
Pente du talus de lapilli très-fins, sur lequel je suis descendu de la Casa Inglese, dans le fond du Val-del-Bove. (Il était facile d'y descendre en enfonçant le talon, mais la moindre pierre, détachée par les moutons qui y broutaient quelques brins d'herbe, roulait jusqu'au bas avec une grande vitesse.)	23	[illegible]

dans le Val-del-Bove, et sur lequel une coulée de lave n'a laissé qu'une couverture de scories en lopins détachés.		24	0,4452
Pente sud-est du cône volcanique du Mosenberg dans l'Eifel.		25	0,4663
Pente occidentale du plus élevé des cônes formés sur le flanc sud-est du Vésuve, par l'éruption de 1760.		27	0,5095
Pente orientale du plus élevé des cônes formés sur le flanc sud-est du Vésuve, par l'éruption de 1760		28	0,5317
Pente des arêtes occidentales du cône de scories vitreuses des Camaldoli au pied méridional du Vésuve.		28	0,5317
Pente occidentale du plus occidental des deux Monti Rossi, près de Nicolosi (mesurée des environs de Catane).		28	0,5317
Pente du plus occidental des deux Monti Rossi, près de Nicolosi, du côté du nord-ouest.		28	0,5317
Pente du plus oriental des deux Monti Rossi, près de Nicolosi, du côté du nord-est (mesurée de Nicolosi).		28	0,5317
Pente des chables situés au pied des escarpements qui sont au sud-ouest de Stern (Abtey Thal) (Tyrol).		28	0,5317
Pente orientale parfaitement régulière de la partie la plus élevée du cône volcanique du Mosenberg (dans l'Eifel).		29	0,5543
Pente maximum d'une levée de gros galets au fond d'une petite anse déterminée par l'embouchure du ruisseau de Portz-ar-Poulhant dans la baie d'Audierne. La pente moyenne est d'environ 15°, et la pente maximum qui ne s'observe qu'en un petit nombre de points de la partie supérieure est de.		30	0,5774
Pente des chables situés au pied des escarpements, au sud du lac inférieur de Gosau (Haute-Autriche).		30	0,5774
Pente maximum de la levée de gros galets au fond de la baie des Trépassés (Finistère). (Cette pente maximum ne s'observe qu'en quelques points de la partie supérieure).		30	0,5774
Pente des talus de débris au pied des escarpements de la vallée du Rhône, près d'outre-Rhône, au-dessus de Saint-Maurice (en Valais).		30	0,5774
Pente des talus de débris qui tombent de la pointe du Palo (la plus élevée du Vésuve), à gauche de l'arête suivant laquelle on monte au cratère.		30	0,5774
Pente du cône supérieur du Vésuve vers la gauche (mesurée du port de Naples).		30	0,5774
Pente des chables de calcaire fragmentaire blanc à l'entrée du vallon des mines de sel gemme de Hall (Tyrol).	30	à 32	{ 0,5774 0,6249
Pente d'un chable qui paraît très-rapide au nord de Stuben, dans le Kloster Thal (Voralberg).		31	0,6009

Suite du tableau n. 2.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
Pente des chables situés au pied des escarpements remarquablement verticaux et turriformes, qui se trouvent au midi de Colfosco (Abtey Thal, Tyrol).	32	0,6249
Pente des chables très-longs et rectilignes, qui descendent d'une échancrure de la partie orientale du Langkofel (Tyrol).	32	0,6249
Pente maximum d'une levée de galets formés la plupart de micaschiste, sur le rivage de la baye d'Audierne, près de Brengalaer; la pente moyenne est d'environ 12°, la pente maximum ne s'observe qu'en quelques points près de la partie supérieure.	32	0,6249
Pente du Palo (cime la plus élevée du Vésuve), mesurée de la partie occidentale de la crête de la Somma.	32	0,6249
Pente extérieure du cône supérieur de l'Etna, dans la direction du nord 35° ouest. (Cette pente approche déjà de la limite du possible; car une seule pierre mise en mouvement en ébranle un grand nombre d'autres qui finissent par former un véritable éboulement).	32	0,6249
Pente du fond des échancrures que présente vers l'ouest le cône de scories vitreuses des Camaldoli, au pied méridional du Vésuve.	32	0,6249
Pente intérieure du cratère du Puy de Pariou (Puy-de-Dôme).	32	0,6249
Pente extérieure de la Moraine de la coulée vomie par l'Etna en 1832.	32	0,6249
Pente du Palo (pointe la plus élevée de la crête du Vésuve) mesurée de sa cime, elle est couverte de blocs de lave qui reposent sur des lapilli incohérents.	33	0,6494
Pente du cône du Vésuve au midi de la percée de la coulée de 1834 (vers l'est).	33	0,6494
Pente formée par des débris calcaires, qui se renouvellent sans cesse et qui font reculer le chemin dans la descente de la vallée d'Anivier vers le fond du Valais.	33	0,6494
Pente des grands talus de débris inclinés uniformément sur de grandes longueurs, en descendant du Bouder-Grat vers Adelboden (canton de Berne).	33	0,6494
Pente d'un éboulement remarquablement rapide au pied des escarpements de calcaire jurassique, dans le flanc droit de la vallée du Rhône, un peu au midi de Viennaz, au nord de Saint-Maurice (en Valais).	33	0,6494

Pente d'un talus de fragments calcaires dans la gorge à droite de la route qui monte de Morey aux Rousses (Jura)		33	0,6494
Pente maximum d'une levée de gros galets arrondis de porphyre et de granite porphyroïde, et de galets plats de micaschiste, à un quart de lieue de Notre-Dame de Penhors (Finistère). Cette pente maximum ne s'observe qu'en quelques points de la partie supérieure		34	0,6745
Pente maximum de la ligne qu'on suit en montant du Salvatore, sur le cône supérieur du Vésuve		35	0,7002
Pente du talus de débris au pied des escarpements du deuxième étage du calcaire oolitique, au nord-est de Morey		35	0,7002
Pente du talus de menus débris, couvert de broussailles, qui forme le pied du flanc gauche de la vallée de la Möhl, au-dessus de Tragant (Carinthie)		35	0,7002
Pente de plusieurs chables très-rapides de Dolomie, dans la vallée d'Ennenberg (Tyrol)		35	0,7002
Pente des chables situés au nord de la descente du col qui conduit du vallon Delle Selle à San Pellegrino (vallée de Fassa, Tyrol)	35	à 37	0,7002 / 0,7536
Pente des chables de calcaire grenu le long du flanc nord du vallon Delle Selle (vallée de Fassa, Tyrol), ils paraissent très-rapides		37	0,7536
Pente de la halde de la carrière de marbre des Canzacoli, près de Predazzo (vallée de Fassa, Tyrol)		37	0,7536
Pente maximum des flancs du cône d'éruption nommé le Monte Elee, au pied S.-S.-E. de l'Etna		37	0,7536
Pente générale des déblais qui forment la halde de la grande carrière de trachyte de Wolkenburg, dans les sept montagnes près de Bonn		37	0,7536
Pente des parties les plus rapides des talus des tas de mines près de l'entrée des puits de la mine de fer, dite Buch Bergbau, à Bodenwöhr (Bavière)	34	à 39	0,6745 / 0,8098
Talus du tas de mine extrait de l'Auische Bergbau, à Kressenberg (Bavière)		39	0,8098
Pente de la halde des carrières de Solenhofen, au maximum		39	0,8098
Pente de la halde de la carrière dite *Neu-Graben*, au pied septentrional de l'Untersberg (pays de Salzburg)		39	0,8098
Pente maximum de la levée de galets de la baie d'Audierne (Finistère). Je n'ai observé cette pente que dans un espace très-peu étendu de la partie supérieure de la levée		39	0,8098
Talus que prennent naturellement, lorsqu'on les décharge sur la digue de Cherbourg, les amas de gros blocs de quartz grenu qu'on livre à l'action de la mer. Quelques-uns de ces blocs ont un volume de 2,80 mètres cubes		39.48.00	o 8332
Pente du talus de la halde de la mine de fer spathique, exploitée dans le schiste talqueux, près de Schwatz (Tyrol)		40	0,8391

Suite du tableau n. 2.

	PENTES	
	en degrés sexagésimaux.	par mètre.
Pente intérieure de la plus grande des trois trémies que présentait le cratère du Vésuve au mois d'octobre 1834.	40	0,8391
Pente du talus de la halde formée à l'entrée de la galerie du Bouillet (Bex), par l'anhydrite dessalée qu'on rejette, tout au plus.	40	0,8391
Pente sous-marine de l'île Julia, d'après les mesures publiées par M. John Davy.	40.55	0,8667
Pente de la partie supérieure de la halde de la grande carrière de trachyte de Volkenburg (dans les sept montagnes, près de Bonn), à l'endroit où on déchargeait dans le moment les débris produits par l'exploitation.	41	0,8693
Pentes des parties les plus rapides des cônes du Vésuve, du pic de Ténériffe, des volcans de Pichincha et de Jorullo (d'après M. de Humboldt).	40 à 42	0,8391 0.9004
Pente de la halde de la carrière la plus occidentale, appartenant au roi de Bavière, au pied septentrional de l'Untersberg (pays de Salzburg).	41	0,8693
Pente la plus inclinée qu'on puisse gravir à pied dans un terrain sablonneux couvert de cendres volcaniques (d'après M. de Humboldt).	42	0.9004
Pente qu'il est presque impossible de gravir quoique le terrain permette d'y former des gradins en enfonçant le pied (d'après M. de Humboldt).	44	0,9657
Pente des flancs d'une pile de boulets à base rectangulaire (inclinaison des arêtes du tétraèdre)	54.44.08	1,4142
Pente d'une pile de boulets à base triangulaire (angles dièdres du tétraèdre)	70.31.43	2,8284

TABLEAU N° 3.

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon des divers talus formés par entraînement.

N. B. Les lits de presque tous les cours d'eau qui ne creusent pas sont des talus d'entraînement. Il y aurait donc eu lieu de placer en tête de ce tableau les pentes de presque toutes les rivières comprises dans le tableau n. 6; mais on s'est borné, pour abréger, aux talus d'entraînement les plus rapides, c'est-à-dire à ceux formés par des torrents de montagnes.

	PENTE en degrés sexagésim.	PENTE par mètre.
Pente du cône de débris formé par le torrent d'Arbonne, à l'extrémité duquel se trouve le bourg de Saint-Maurice (en Tarentaise.)	5°.00′	0,0875
Pente du talus de débris sur lequel se trouve le village de Telfs, dans la vallée de l'Inn (Tyrol.)	5	0,0875
Pente du cône de débris sur lequel est bâti le village de Lainach, dans la vallée de la Möhl (Carinthie.)	5	0,0875
Pente que l'action de la mer a donnée à la surface de l'ancienne digue de Cherbourg, formée de matériaux de grosseur médiocre (elle ne s'élève pas tout à fait au niveau de la basse mer), entre	4.45 5.12	0,0831 0,0910
Pentes de diverses arêtes du cône de débris formé par le nant du Bois-Noir, au-dessus de Saint-Maurice (en Valais.)	5 7	0,0875 0,1228
Pente du sable fin poussé par la haute marée, au pied d'une levée de galets, dans la baie d'Audierne (Finistère.)	6	0.1051
Pente du cône de débris du Kantzbach, au-dessous de Flauerling, en face de Platten (vallée de l'Inn).	6	0.1051
Pente apparente du cône de débris qui sort du vallon de Lavanter pour tomber dans la Drave, près de Wacht-Haus, au-dessus de Lavant, mesurée de Stribach (Tyrol).	6	0.1051
Pente du large cône de débris d'un torrent latéral qui tombe dans la Möhl, au-dessus de Tragant (Carinthie).	6	0.1051
Pente d'une grève étroite, et qui semble très-inclinée sur la côte méridionale de la baie de Paimpol (Côtes-du-Nord); elle est formée de fragments mal arrondis de roche amygdaloïde.	6.38 8	0,1155 0,1405
Pente du cône de débris qui est formé par le torrent de Pfyn, et qui fait reculer le Rhône jusqu'auprès de Vesen et de Loëche-la-Ville (en Valais).	7 8	0,1228 0,1405

	PENTE en degrés sexagésim.	PENTE par mètre.
Pente générale des *talus latéraux de l'Etna*..... environ	8	0,1405
Pente du cône de débris de Haising, dans le Pusterthal (Tyrol)	8	0,1405
Pente du cône de débris, au pied duquel est situé le village de Tarsch, dans la haute vallée de l'Adige (Tyrol)	8	0,1405
Pente du cône de débris, au pied duquel est situé le village de Laas, *id.* *id.* (*id.*)	8	0,1405
Pente du cône de débris sur lequel est bâti le village de Stall, dans la vallée de la Möhl (Carinthie)	9	0,1584
Pente sur laquelle peuvent se maintenir de très-gros matériaux, sur la digue de Cherbourg, un peu au-dessous du niveau de la basse mer	9.05	0,1600
Inclinaison du gros sable de la levée à l'E. de Kérity (Finistère), vers le bas de la pente	10	0,1763
Pente du cône de débris, au pied duquel est appuyé le village de Naturn, et qui paraît très-incliné (haute vallée de l'Adige, Tyrol)	10	0,1763
Pente du cône de débris, au pied duquel est située la ville de Glurns (haute vallée de l'Adige, Tyrol)	10	0,1763
Pente de la levée de sable de la plage de l'anse de St.-Yves, près de Plogoff (Finistère)	10	0,1763
Pente du cône de débris formé par le torrent qui descend du Brévent, et à la base duquel se trouve le village du prieuré de Chamouny	10	0.1763
Pente du cône de débris formé par un torent latéral au-dessous du Chapiu et du Plan-Lombard, au dessus de Saint-Maurice (en Tarentaise)	10	0,1763
Pente du cône de débris formé par un torrent latéral, sur la rive droite du Rhône, près du village d'Outre-Rhône, au-dessus de Saint-Maurice (en Valais)	10 12	0,1763 0,2126
Inclinaison du galet vers le bas de la grande levée de la baie d'Audierne (Finistère)	12	0,2126
Pente d'une plage formée de pierres plates, qui paraît très-inclinée, près de l'extrémité nord-est de l'île Longue, dans la rade de Brest	13	0,2309
Dans la vallée d'Enneberg, en Tyrol, on trouve des chables de dolomie diversement inclinés, suivant qu'une quantité d'eau, plus ou moins grande, concourt à leur production, ou qu'ils se produisent tout à fait à sec. Les pentes varient entre	16 27 35	0,2867 0,5095 0,7002

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon de divers talus formés de neige et de glace.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
Les glaciers qui couvrent les flancs postérieurs des montagnes de Grindelwald (la Jung Frau, l'Eiger, le Moine, le Schreckhorn), se réunissent dans un vaste cirque, situé derrière ces mêmes montagnes, et y forment, par leur réunion, le *grand glacier d'Aletsch*, l'un des plus considérables des Alpes. Ce glacier descend vers le Valais suivant une pente presque uniforme, dans une vallée, dont il remplit tout le fond. J'ai mesuré cette pente le 13 août 1834, vers la partie supérieure du glacier, à l'entrée du cirque, où il commence, et je l'ai trouvée de . .	degr. min. s. 2°.58′	0,0518
La *mer de glace* de Chamouny se forme par la réunion des glaciers du Tacul et de Léchaud. Elle présente dans la partie supérieure la forme d'un Y, dont les deux branches supérieures représentent les deux glaciers que je viens de nommer, et dont la tige représente la mer de glace proprement dite, qui se termine dans la vallée de Chamouny par le glacier des bois. Le 7 août 1835, j'ai mesuré la pente de la mer de glace vers le point de réunion des trois branches de l'Y, et je l'ai trouvée de	3.15	0,0568
Les glaciers qui couvrent la crête des Alpes, au nord-ouest du Gros-Glocker en Carinthie, se réunissent au pied de rochers nommés Burgstall, et forment, par leur réunion, un très-long glacier, nommé la *Pasterze*, qui passe au pied septentrional du Glockner. J'ai mesuré, le 25 août 1839, la pente de ce vaste glacier dans sa partie la plus uniforme, située vis-à-vis la cabane de l'archiduc Jean (Johanns Hütte), et je l'ai trouvée de	3.20	0,0582
Pente d'une portion assez étendue de la mer de glace de Chamouny, à quelque distance au-dessous de la réunion des glaciers du Tacul et de Léchaud.	6	0,1051
La pente de neige la plus rapide que j'ai eu à traverser, le 13 août 1835, pour monter de la val de Tignes au col de Rème, était inclinée de	16	0,2867

Suite du tableau n. 4.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
D'un point situé un peu au-dessus de la source de l'Aveiron, dans la vallée de Chamouny, j'ai mesuré la pente apparente de la partie la plus rapide du glacier des Bois, et je l'ai trouvée de	27	0,5095
En montant de la Lenk au Rawyl, le 23 août 1835, j'ai remarqué, vers le haut du talus couvert de mélèzes rabougris qui s'adosse contre le pied des escarpements, un tas de neige formé par une avalanche, dont la surface supérieure était inclinée de	34	0,6745
Pour monter au Mont-Blanc on a à traverser, en y taillant des escaliers, des pentes de neige inclinées de	35	0,7002

Le 6 août 1834, me trouvant sur le col du Géant, j'ai mesuré approximativement la pente d'un couloir très-rapide, situé au S.-O. de ce col, elle m'a paru être de 45°. Ce couloir est en partie tapissé de neige, et la pente de la surface de cette neige doit atteindre en quelques points 50° ; mais il faut observer qu'il s'agit ici de neige fortement tassée par les avalanches, et que de la neige bien tassée se comporte comme une roche solide, puisqu'elle forme le long des crevasses qui s'y produisent des escarpements verticaux, ou même en surplomb.

La neige forme des avalanches sur des pentes de 35°, de 30°, et même sur des pentes encore plus faibles. De là il résulte que toutes les pentes de neige, dont l'inclinaison approche de 30°, sont façonnées par les avalanches, ce qui les rend aussi exactement rectilignes que les arêtes des cônes d'éruption. Les pentes de neige d'une inclinaison peu considérable sont au contraire très-fréquemment arrondies. Comme l'eau ne peut couler sur la neige, à moins que celle-ci ne soit consolidée en forme de glace, on conçoit que pour la neige la tendance à former des talus par entraînement n'existe presque pas.

La neige, même fortement tassée, ne doit guère avoir, en masse, une pesanteur spécifique de plus de 0,8. Cette pesanteur est de beaucoup inférieure à celle que conserve, même dans l'eau de mer, un dépôt de matières terreuses, et cependant elle suffit pour que la neige au moment du dégel, forme des avalanches sur des pentes de moins de 30°. D'après cela il est évident qu'un dépôt de sable fin ou de limon ne pourrait manquer de former des avalanches sous-marines sur des pentes de 30°, comme la neige en forme à l'air libre. Il est donc difficile qu'il se produise, même sur de petites étendues et dans l'eau la plus tranquille, des dépôts sableux ou vaseux ayant des surfaces inclinées de 30°, à moins qu'ils ne soient consolidés au fur et mesure par un gluten, qui y produise le même effet que l'eau gelée dans une

Valeurs numériques des pentes des principales coulées de lave dans les différentes contrées volcaniques de l'Europe.

	degrés. m.	
Pente moyenne générale des coulées qui se sont fait jour, en 1783, au pied du Skaptar Jokul, en Islande, et qui ont suivi les vallées de Skaptàa et du Hverfisfliot, sur des longueurs de près de huit myriamètres, tout au plus.	30′	0,0087
Pente de la partie de l'ancienne vallée du Simeto, dans laquelle s'est étendue et arrêtée en nappe épaisse et prismatique la lave très-ancienne que coupe la vallée actuelle, au-dessous d'Aderno, environ	44	0,0128
Pente de la partie de l'ancienne vallée du Simeto, dans laquelle s'est étendue et arrêtée en nappe épaisse et prismatique la coulée de 1603, qui forme l'escarpement du Salto di Pulicello, environ	48	0,0139
Pente de la partie de l'ancienne vallée du Simeto, dans laquelle s'est étendue et arrêtée une lave très-faiblement tourmentée, au-dessous de Jiardino, environ	53	0,0154
Pente de l'extrémité inférieure de la coulée qui est sortie de l'Etna en 1832, et qui s'est arrêtée avant d'atteindre Bronte.	54	0,0157
Pente de la partie de la vallée de la Sioule, dans laquelle la coulée du Puy-de-Louchadière s'est arrêtée au-dessous de Pontgibaux, en prenant une forme basaltoïde, moins de	1.00	0,0175
Pente de la coulée sortie des flancs du Vésuve, au mois d'août 1834, depuis le chemin qui la traverse au-dessous du Casino du prince d'Ottajano, jusqu'à son extrémité inférieure.	1.45	0,0306
Pente de la coulée de 1301, dans l'île d'Ischia, dite l'Arso. C'est une cheire très-tourmentée; des blocs de lave de plusieurs mètres de longueur y sont fréquemment redressés comme des pierres druidiques.	1.50	0.0320
Pente générale de l'expansion inférieure de la coulée sortie des flancs de l'Etna, en 1832, au-dessus du point où je l'ai traversée; c'est une cheire très-tourmentée.	1.50	0,0320
Pente totale de la coulée de lave feldspathique cellulaire, exploitée pour faire des meules à moulin à Mayen (sur la rive gauche du Rhin), depuis le pied du Bellerberg jusqu'à son extrémité la plus méridionale, dans la direction du S., 9° E.	1.50	0,0320
Pente générale de l'expansion inférieure de la coulée sortie des flancs du Vésuve au mois d'août 1834, depuis le chemin qui la traverse, au-dessus du Casino du prince d'Ottajano, jusqu'à son extrémité inférieure.	2.00	0.0349

Suite du tableau n. 5.

	degrés.	m.
Pente de la plage de Torre del Greco, sur laquelle la coulée de 1794, après avoir couvert une partie de la ville, est venue s'arrêter en formant une assise prismatique de sept à huit mètres de puissance, environ . . .	2.00	0,0349
Pente générale de la cheire du Puy-de-Dôme, depuis le camp des Chazaloux, près des fontaines glacées, jusqu'à Pont-Gibaux. . . .	2.11	0,0381
Pente générale du terrain, depuis la maison du péage, au-dessus de Catane, jusqu'à la mer, dans la direction de l'E. 38° S. (Cette pente surpasse celle des cheires très-tourmentées qui ont atteint la mer au nord de Catane.) . . .	2.14	0,0390
Pente de la cheire du Puy-de-Louchadière, depuis Saint-Ours jusqu'à Pont-Gibaux. . . .	2.26	0,0419
Pente générale de la cheire du Puy-de-Dôme, depuis le Puy-de-Lentegy jusqu'à Pont-Gibaux. .	2.26	0,0425
Pente générale du terrain, depuis un point situé à une demi-lieue de Torre di Grifo, sur le chemin de Nicolosi jusqu'à la mer, dans la direction du S. 30° E. (Cette pente surpasse la pente moyenne de la coulée de 1669, dans le même intervalle.) . . .	2.42	0,0472
Pente générale du terrain, depuis un très-gros bloc de lave, flotté sur la surface de la coulée de 1669, entre Torre di Grifo et Nicolosi, jusqu'à la mer. (Cette pente surpasse celle de la coulée de 1669, dans le même intervalle.) . . .	2.45	0,0480
Pente de la coulée de lave feldspathique cellulaire, qui, du pied du Bellerberg, près de Meyen (rive gauche du Rhin), s'est dirigée vers le N.-E. . . .	2.45	0,0480
Pente générale du terrain, depuis l'entrée du bourg de Nicolosi jusqu'à la mer, dans la direction S. 25° E. (Cette pente surpasse la pente moyenne de la coulée de 1669, dans le même intervalle.) . . .	2.47	0,0486
Pente de la cheire de Louchadière, depuis la Chazelle jusqu'à Pont-Gibaux. . . .	2.50	0,0498
Pente de la branche orientale de la coulée de 1669, mesurée à partir de son point de sortie au pied des Monti Rossi. . . .	2.58	0,0518
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1551, depuis le château de Portici jusqu'au môle du Granitello, sur une longueur de 800 mètres. Dans cette étendue la coulée a encore formé une cheire extrêmement tourmentée, excepté seulement sur l'ancienne plage où elle s'est arrêtée, en formant une assise de 5 à 6 mètres de puissance, grossièrement prismatique; moins de . . .	3.00	0,0524
Pente générale de la coulée de lave feldspathique cellulaire, exploitée pour faire des meules de moulin, à Nieder-Mendig (rive gauche du Rhin). . . .	3.00	0,0524

la mer. (Cette coulée forme, dans toute son étendue, une cheire extrêmement tourmentée.) . .	3.01	0,0527
Pente générale des cheires, souvent très-âpres, qui descendent des environs du Monte Elce, vers Aci Reale.	3.02	0,0530
Pente de la coulée de lave basaltique, sortie du pied du Mosenberg (dans l'Eifel), dans le vallon dont elle a rempli le fond, sur une longueur d'environ 300 mètres.	3.06	0,0542
Pente de l'extrémité de la coulée, sortie des flancs du Vésuve en 1631, qui est venue s'arrêter sur l'ancienne plage de la Scala, en formant une assise grossièrement prismatique, de 8 à 10 mètres de puissance, qui présente encore à sa partie supérieure une partie des caractères d'une cheire : moins de	3.11	0,0556
Pente de la coulée, sortie des flancs du Vésuve en 1807, au point où elle s'est arrêtée, près de la maison dite Falanga.	3.12	0,0559
Pente du terrain, depuis le bourg de Nicolosi jusqu'à un point situé sur le chemin de Torre-di-Grifo, à une demi-lieue de ce dernier village. (Cette pente représente celle de la coulée de 1669, dans le même intervalle)	3.30	0,0612
Pente de la coulée de 1669, depuis un très gros bloc de lave scoriacée, flotté sur sa surface, entre Nicolosi et Torre-di-Grifo jusqu'au village de Torre-di-Grifo.	3.39	0,0638
Pente totale de la coulée sortie du Vésuve en 1760, depuis l'orifice supérieur de la lave jusqu'au bord de la mer, sur une longueur de 4.444 mètres.	3.47	0,0661
Pente de la coulée de 1669, depuis son point de sortie, au pied des Monti-Rossi, jusqu'à Torre-di-Grifo.	3.51	0,0673
Pente de la coulée de 1669, depuis son point de sortie, au pied des Monti-Rossi, jusqu'à un gros bloc de lave scoriacée flotté sur sa surface, entre Nicolosi et Torre-di-Grifo.	3.53	0,0679
Pente de la coulée de lave sortie du Puy de Pariou, depuis le pied du cône jusqu'à la Baraque. .	3 à 4.00	0,0524 0,0699
Pente générale de la coulée de lave basaltique sortie du cratère en fer à cheval du Hoch-Simmer, jusqu'à son extrémité, près de Mayen (rive gauche du Rhin), moins de	4.00	0,0699
Pentes moyennes de la coulée qui s'est répandue sur une partie considérable de l'île de Lancerote (l'une des Canaries), en 1730. Beaucoup moins de	4.00	0,0699
Pentes des derniers 2,300 mètres de la coulée de 1794, qui a couvert Torre-del-Greco. (Dans cet intervalle la coulée, toujours très-tourmentée, présente à plusieurs reprises des étranglements où la pente augmente, et des expansions où elle diminue.)	4.04	0,0711
Pente de la branche méridionale de la coulée sortie des flancs du Vésuve, en août 1834, au-dessous du point où nous l'avons traversée, en nous dirigeant vers le casino du prince d'Ottajano.	4.09	0,0726

Suite du tableau n. 5.

	degrés.	m.
Pente de la partie inférieure et la plus régulière de la coulée de Volvic, comprise entre Marsennat et Volvic, tout au plus.	4.16	0,0746
Pente de la coulée, sortie des flancs du Vésuve, en 1551, pendant les 2.000 mètres qui précèdent le château royal de Portici, bâti sur sa surface.	4.18	0,0752
Pente de la coulée sortie des flancs du Vésuve en 1551, depuis un point situé sur le chemin du Salvatore à environ mille mètres de Resina jusqu'à la mer.	4.21	0,0761
Pente générale, vers la rivière Onobola, des cheires que traverse la grande route de Palerme à Messine, entre Randazzo et Linguagrossa.	4 à 4.30	0,0699 / 0,0785
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1767, à sa sortie de Fosso-Grande.	4.53	0,0851
Pente totale de la coulée, sortie du vésuve, en 1794, depuis l'orifice inférieur de la lave jusqu'à la mer, sur une longueur de 4,300 mètres.	5.22	0,0939
Pente de la coulée du Puy-de-Pariou (branche du Nord), depuis la Baraque jusqu'à Nohament	5.25	0,0948
Pente de la coulée de 1669 dans l'étranglement qu'elle a traversé à une demi-lieue, au-dessus de Catane.	5 à 6.00	0,0875 / 0,1051
Pente générale du Piano-del-Lago, près de la Casa Inglese, au pied du cône supérieur de l'Etna, (Sur cette pente la coulée, qui a rasé l'emplacement de la Casa-Inglese, forme une cheire extrêmement tourmentée. Cette cheire, et plusieurs autres qui se trouvent au-dessous, ne présentent dans les escarpements des entonnoirs par effondrement qu'une nappe solide dont l'épaisseur est généralement de moins d'un mètre, dont la section est ondulée et qui est scoriacée dans une grande partie de son épaisseur), environ.	6.00	0,1051
Pente de la branche méridionale de la coulée sortie du Vésuve en 1834, pendant les premiers 200 m. au-dessus du point où nous l'avons traversée en nous dirigeant vers le Casino du prince d'Ottajano	6.06	0,1069
Pente totale de la coulée de Volvic depuis sa sortie à mi-côte du Puy-de-la-Nugère jusqu'à Volvic.	6.10	0,1080
Pente suivant laquelle la coulée sortie du Vésuve en 1767 est arrivée à la partie supérieure du Fosso-Grande avant de s'y précipiter.	6.11	0,1083
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1834 dans l'étranglement qu'elle a traversé au-dessus du Casino du prince d'Ottajano, moins de.	6.30	0,1130

Pente totale de la coulée sortie du Vésuve en 1794, depuis l'orifice supérieur de la lave jusqu'à la mer sur une longueur de 4600m	6.32	0,1145
Pente de la lave sortie du Puy de-Pariou (branche du sud), depuis la Baraque jusqu'à Font-More	6.41	0,1172
Pente de la coulée occidentale du Vésuve en 1834 sur la troncature du cône avant le point où elle atteint sa déclivité. (Elle y forme une cheire crevassée et assez tourmentée)	6 à 7.00	0,1051 0,1228
Pente générale des cheires qui couvrent le fond du Val-del-Bove	7.00	0,1228
Pente de la coulée sortie de l'Etna en 1832 dans la partie où elle est descendue sur la déclivité du Bosco, sous la forme d'un torrent étroit	8.00	0,1405
Pente suivant laquelle la lave sortie du Vésuve en 1551 commence à descendre vers Portici près de la partie supérieure du Fosso-Grande	8.00	0,1405
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1551 sur le chemin du Salvatore à 2,000 mètres de Resina	8.03	0,1414
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1551 sur le chemin du Salvatore à environ 3,000 mètres de Resina	9.09	0,1611
Pente des laves qui ont coulé à partir du pied du cône du Vésuve sur le terre-plain de Piane où elles ont formé des cheires très-tourmentées	7 à 10.00	0,1228 0,1763
Pente d'un rameau de la coulée de 1834, qui s'est arrêté au bas de la pente du Vésuve dans le Canale-Del-Inferno en se réduisant en scories incohérentes	13.00	0,2309
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1794, entre les bouches supérieures et inférieures. (Il n'est resté sur le sol dans cet intervalle qu'un lambeau d'écorce très-étroit et très-tourmenté)	14.00	0,2493
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1834, dans la partie où elle est descendue comme un torrent au pied de l'extrémité orientale de la Somma	17 à 18.00	0,3057 0,3249
Pente de la lave sortie du Vésuve en 1769, au point où elle s'est précipitée dans le Fosso-Grande, sur la pente supérieure duquel elle n'a laissé que son écorce froncée et tourmentée	19.44	0,3587
Pente de la lave qui est descendue dans le Val-del-Bove, à côté du petit cratère dit Boccone-de-Lunegi et qui n'a laissé sur la déclivité qu'une épaisse assise de scories flanquée de deux digues de scories	24.00	0,4452
Pente du lambeau de sa propre écorce que la coulée de 1833 a laissé sur le bord du cratère de l'Etna	26.00	0,4877
Pentes des laves qui ont ruisselé sur le cône du Vésuve en 1832 et 1834, et qui n'y ont laissé que des couches de scories incohérentes flanquées de digues de scories	30 à 35.00	0,5774 0,7002

TABLEAU N° 6.

Valeurs numériques des pentes de divers cours d'eau.

	Distance.	Chute totale.	Chute par mètre.	Chute en degrés, minutes et secondes.
	m.	m.	m.	d. m. s.
Pente de la Seine au pont des Arts, de l'échelle du quai de l'École (au-dessous du Pont-Neuf) à l'échelle du port Saint-Nicolas (au-dessus du Pont-Royal).	633	0,012	0,000019	4″
Pente du Rhône d'Arles au port de Boue.	46000	1,79	0,000039	8
Pente de la Seine au-dessous de Saint-Denis, de l'échelle de l'embouchure du canal de Saint-Denis au pont de Bezons.	10495	0,466	0,000044	9
Pente de la Saône entre Châlons et Lyon.			0,00005	10
Pente de la Seine de l'embouchure de l'Oise à la Roche-Guyon.	65205	5,449	0,000086	17 ¼
Pente de la Seine de l'embouchure de l'Oise au grand pont de pierre de Rouen	176790	15,562	0,000087	18
Pente de la Seine, de la fin des étroits de Marly à l'embouchure de l'Oise .	23647	2,211	0,000092	19
Pente de la Seine, de l'embouchure du canal de Saint-Denis au grand pont de pierre de Rouen.	218167	20,128	0,000092	19
Pente de la Seine, du Pont-Royal (Paris) au grand pont de pierre de Rouen.	244398	23,214	0,000095	19 ½
Pente de la Seine, du pont d'Austerlitz (Paris) au grand pont de pierre de Rouen	247743	24,294	0,000109	21
Pente de la Seine, de l'échelle du pont d'Austerlitz à l'échelle du pont de la Tournelle	984	0,1	0,000109	21
Pente de la Seine, de l'échelle du vieux pont de Sèvres à l'échelle de Neuilly.	7365	0,73	0,000109	21
Pente de la Seine, de l'échelle du quai de l'École à l'échelle du Pont-Royal .	813	0,09	0,000112	23
Pente de la Seine, de l'échelle de la barrière de la Cunette à l'échelle du vieux pont de Sèvres	5950	0,67	0,000117	24
Pente du fleuve Saint-Laurent, depuis sa sortie du lac Érié jusqu'aux rapides qui précèdent le saut de Niagara.	37014	4,47	0,000121	25
Pente de la Seine, de l'échelle du Pont-Royal à l'échelle de la barrière de la Cunette	3050	0,442	0,000121	25

Pente de la Seine de l'échelle de Neuilly à l'échelle de l'embouchure du canal Saint-Denis.	9260	1,124	0,000121	25
Pente de la Seine du pont d'Austerlitz à l'échelle de l'embouchure du canal Saint-Denis	[illegible]576	4,166	0,000141	[illegible]
Pente du Rhône de Tarascon à Arles.	[illegible]	2,49	0,000160	[illegible]
Pente de la Seine du pont de Bezons à la fin des étroits de Marly.	[illegible]335	1,95[illegible]	0,000[illegible]38	49
Pente de la Seine de Notre-Dame-de-l'Ile (au-dessous de Vernon) au pertuis de Port-Mort.	418[illegible]	1,46	0,000349	1.12
Pente de la Seine dans le pertuis de Pose.	[illegible]	1,170	0,000388	1.20
Pente du Rhin à sa sortie du territoire français, près de l'embouchure de la Lauter. (C'est la partie de l'Alsace où la pente du Rhin est la plus faible).			0,000395	1.21
Pente du Rhône à Avignon (de la digue de Roquemaure à Tarascon).	43520	17,79	0,000409	1.24
Pente de la Seine, des Andelys au pertuis Saint-Jacques.	820	0,4	0,000490	1.41
Pente de la Seine, de l'échelle du pont de la Tournelle à l'échelle du quai de l'Horloge	[illegible]	0,607	0,000504	1.44
Pente du Rhône, de l'embouchure du Lez à Roquemaure	[illegible]	11,67	0,000545	1.52
Pente moyenne du Rhône, de Lyon à Arles	[illegible]	158,64	0,000553	1.54
Pente du Rhône, de l'embouchure de la Saône à l'embouchure de la Galoure	75421	35,65	0,000558	1.55
Pente du Rhône, de l'embouchure de la Galaure à l'embouchure de l'Isère	[illegible]	15,65	0,000565	1.57
Pente du Rhin, le long du territoire français, entre Bâle et la Lauter (Cette moyenne est égale à la pente effective du Rhin près de Vieux-Brisac).	[illegible]	143,935	0,000647	2.13
Pente du Rhône, de l'embouchure de l'Isère à l'embouchure du Lez.	101666	75,19	0,000740	2.30
Pente de la Meurthe de Lunéville à Nancy.	31000	60,0	0,000774	2.40
Pente de la Seine entre le pont de Vernon et l'aval de l'île Fonet.	400	0,311	0,000781	2,41
Pente de l'Isère à Grenoble.			0,0009	3.6
Pente du Rhin à son entrée sur le territoire français, au-dessous de Bâle			0,000964	3.19
Pente du Doubs aux environs de Besançon (c'est à peu près la limite de la pente des rivières navigables).			0,001	3.2[illegible]
Pente de la Seine dans les rapides du Pont-Neuf, depuis l'échelle du quai de l'Horloge, en face de la rue du Harlay, jusqu'à l'échelle du quai de l'École.	335	0,383	0,001144	3.56
Pente de la Vezouze, de Blamont à la Meurthe.			0,00137	4.43
Pente du fleuve Saint-Laurent depuis le saut de Niagara jusqu'au lac Ontario	20921	32,31	0,001544	5.18
Pente de la Meurthe, de Raon-l'Étape à Lunéville	36000		0,00167	5.44
Pente de la Zinzel d'Ober-Hoin au confluent de la Zorn.	12407	23,0	0,0019	6.41

Suite du tableau n. 6.

	Distance.	Chute totale.	Chute par mètre.	Chute en degrés, minutes et secondes.
		m.	m.	deg. m. sec.
Pente de la grande galerie d'écoulement des mines de Clausthal, en Hartz (*tiefer georg stollen*) 15 pouces pour 100 toises.			0,002082	7.10
Pente de la Durance, depuis le pont de Bompas jusqu'à son embouchure dans le Rhône	14800	31,498	0,002102	7.19
Pente de la Zorn, depuis la limite du département du Bas-Rhin jusqu'à Saverne.	6600	15,0	0,0023	7.54
Pente de la Zinzel, depuis Hangweiller jusqu'à Oberhoff.	7000	16,0	0,0023	7.54
Pente de la Zorn, depuis Saverne jusqu'au confluent de la Zinzel	5200	16,0	0,0030	10.19
Pente de la Zorn, depuis Hoffmühl jusqu'à la limite des départements de la Meurthe et du Bas-Rhin.	6000	19,0	0,0032	11.00
Pente de la Vezouze, depuis la Haute-Seille jusqu'à Blamont	6500	21,0	0,00323	11.06
Pente de la Pleine, depuis Celles jusqu'à son embouchure dans la Meurthe	10000	34,0	0,00340	11.41
Pente de la Zorn, depuis Neumühl jusqu'à Hoffmühl	3500	12,0	0,00340	11.41
Pente d'un torrent dans l'intérieur de l'Hymalaya, déjà considérable, quoique peu éloigné de son origine (d'après la grande carte du colonel Hogson) $\frac{1}{264}$			0,00378	13.00
Pente de la Sioule depuis Pont-Armurier jusqu'à Pont-Gibaux (Puy-de-Dôme).	7871	30,0	0,003811	13.7
Pente de la Meurthe depuis le confluent de la Fove (au-dessus de Saint-Diey) jusqu'à Raon-l'Étape	19000	1390,0	0,00368	12.30
Pente de la Durance, depuis Briançon jusqu'à son embouchure dans le Rhône.	276000	1296,0	0,004698	16.9
Pente de la Pleine, depuis Provenchères jusqu'à Saint-Diey	6000	5,8	0,0058	19.56
Pente du Rhône immédiatement au-dessus du pont de Sierre en Valais.	1500	8,9	0,00594	20.26
Pente de la Bruche, depuis Schirmeck jusqu'à Héliberg	15000	100,0	0,0067	23.3
Pente de la Vezouze dans l'intérieur des Vosges depuis sa source jusqu'à la Haute-Seille	12000	85,2	0,0071	[illegible]
Pente de la Pleine, depuis [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

dement et avec bruit, en bondissant contre tous les obstacles).			0,00829	28.30
Pente de l'Arve à une demi-lieue au-dessus de Saint-Martin (Savoie). (Ses eaux coulent rapidement, mais elles déplacent rarement des galets plus gros que la tête).			0,00844	29.00
Pente de l'Isère sur le terre-plein du village de Tignes avant le défilé qui aboutit à Brévières (Tarentaise). (Ses eaux coulent rapidement en bondissant contre les obstacles).		187,00	0,00931	32.00
Pente de la Bruche depuis Bruche jusqu'à Schirmeck	16000		0,0117	40.13
Pente de la Liepvre depuis Sainte-Marie-aux-Mines jusqu'au confluent du Giesen	16000	200,0	0,0125	41.58
Pente du Simeto en face d'Aderno (Sicile), environ.			0,013023	44.46
Pente de l'Arve immédiatement au-dessus du confluent du torrent de Saint-Gervais (Savoie) environ, ...		99,0	0,01309	45,00
Pente de la Sioule depuis Pont-Gibaux jusqu'aux Combres (Puy-de-Dôme) .	6945		0,014255	49.00
Pente de l'Isère près du village du Crest, situé au-dessous de celui de la Val-de-Tignes (Tarentaise). (Il coule torrentiellement en bondissant contre tous les obstacles).			0,01556	53.30
Pente du torrent du Chapiu sur le terre-plein du plan Lombard (Tarentaise). (Il se répand presque au hasard dans le fond de la vallée dont il a nivelé la section transversale. Ses eaux y coulent rapidement en faisant beaucoup de bruit et en bondissant contre toutes les pierres. Elles roulent quelquefois des pierres de 0m,50 de longueur.)			0,01571	54.00
Pente du Simeto en face de Bronte (Sicile), environ			0,016034	55.9
Pente moyenne de la dranse de Bagnes depuis le pied des glaciers de Getroz jusqu'à son confluent avec le Rhône.			0,016873	58.0
Pente de la Sioule, depuis Pont-Gibaux jusqu'aux mines de Barbecot (Puy-de-Dôme).	4321	73,0	0,016894	58.4
Pente de la Möhl au pont au-dessous de Döllach (Carinthie). (Elle coule avec bruit en bondissant sur les pierres), environ			0,017455	1°.00.00
Pente de l'Onobola, depuis Randazzo jusqu'à la mer (Sicile), environ			0,019208	1.06.01
Pente du fleuve Saint-Laurent dans les rapides qui précèdent le saut de Niagara	805	15,54	0,019304	1.06.21
Pente qu'on donne aux galeries dans lesquelles on place les tuyaux pour la				

Suite du tableau n. 6.

	Distance.	Chute totale.	Chute par mètre.	Chute en degrés, minutes et secondes.
	m.	m.	m.	degr. m. sec.
conduite de l'eau salée dans les mines de Hallein (Salzburg) et de Hallstadt (haute Autriche) $\frac{1}{40}$			0,025	1.25.56
Pente de l'Arve immédiatement au-dessous du village d'Argentière (vallée de Chamouny). Elle roule beaucoup de blocs de 0^m,60 de diamètre	500	12,9	0,025895	1.29.00
Pente moyenne, du torrent de Reme entre Balmaveran et Pelon dans le haut de la vallée de Reme (Val-d'Aoste). (Dans la partie supérieure de l'espace mesuré le torrent roule de pierre en pierre comme une cataracte.) . .	1000	26,6	0,026623	1.31.30
Pente de la partie régulière du lit de l'Arveiron, au-dessous des ponts sur lesquels on le traverse près de l'extrémité du glacier des bois (vallée de Chamouny). Il roule souvent des blocs de plus de 0^m, 50 de longueur). .			0,027630	1.35.00
Pente de l'Isère au-dessous de l'église du Chatelard entre Saint-Maurice et Sainte-Foy (Tarentaise). (Il roule ses eaux en bondissant sur toutes les pierres avec un bruit considérable), environ.			0,029097	1.40.00
Pente du torrent de Framont dans les 6000 mètres qui précèdent son confluent avec la Bruche.	6000	236,0	0,039727	2.16.26
Pente de l'Arve dans le défilé formé par le barrage de débris entre la Tour et Argentière dans la vallée de Chamouny. (Elle saute en écumant sur tous les blocs qu'elle rencontre.)			0,06204	3.33.00
Pente du torrent qui sort du glacier du Tour, immédiatement au-dessus du pont sur lequel on le traverse en allant de Chamouny au col de Balme (Savoie). (Il bondit de bloc en bloc sans présenter de nappe continue en aucun point.)			0,091594	5.14.00
Pente générale du chemin et du torrent en descendant du Chapiu aux bains de Bonaval (Tarentaise). Sur cette pente le torrent se réduit réellement à une suite de petites cascades.			{ 0,105104 [illegible] }	6 à 7.00.00

NOTE

Sur le diaspore ;

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

Parmi les échantillons d'Epidote zoizite de la collection de l'École royale des mines, on avait rangé un morceau dont la grande netteté de clivage m'avait frappé depuis longtemps. Pour m'assurer si la détermination de cet échantillon était exacte, j'essayai sa fusibilité; mais au premier coup de feu le petit fragment que je soumis à l'essai se dispersa avec force, et pour parvenir à en faire l'essai au chalumeau, je fus obligé de réduire le minéral en poudre, et de me servir du fil de platine; mais sous le feu le plus vif, je ne parvins pas même à l'agglutiner. L'infusibilité de ce minéral ne pouvant s'accorder avec les caractères de la zoizite, je pensai utile d'en faire une analyse, de laquelle il résulte que ce minéral doit être rangé avec le diaspore.

Le minéral, qui porte ce nom, n'était connu qu'en masses lamelleuses courbes, et l'on ne possédait qu'une indication vague de sa forme; l'échantillon que j'ai analysé, et qui provient des monts Ourals, près de la fonderie de Sisert, à 12 lieues d'Ekaterininburg, en Sibérie, permet de remplir cette lacune; il est en masses bacillaires allongées, lesquelles se croisent dans différents sens, comme cela a lieu dans la tourmaline. Ces espèces de baguettes, au lieu d'être cylindroïdes,

sont très-plates, à cause du clivage facile dont j'ai déjà parlé. Outre ce sens de lame, le diaspore de Sibérie en possède deux autres qui, quoique moins nets, sont cependant encore assez prononcés pour en conclure la forme de cette substance : c'est un prisme rhomboïdal oblique, sous l'angle de 127° et dont la base est inclinée de 100 à 102° sur les faces verticales. Le plus net de ces deux clivages est parallèle à une des faces du prisme, le second a lieu suivant la base. Enfin le clivage facile détermine le plan diagonal; c'est ce dernier qui donne le facies général à tout cet échantillon.

L'éclat est très-vif suivant la face large. La couleur de l'échantillon que j'ai analysé est analogue à celle du fer spathique, légèrement altéré; mais cette couleur n'est pas propre à ce minéral, elle est due à de l'oxide de fer interposé entre ses lames que l'on enlève facilement au moyen d'acide hydrochlorique faible.

Le diaspore de Sibérie raie le verre; mais il n'est pas tenace, et on le réduit facilement en poussière impalpable sous le pilon.

Sa pesanteur spécifique est de 34,52. Ce diaspore n'éprouve aucune altération par l'action des acides; et il est complétement infusible au chalumeau; si on le chauffe dans le petit tube, il donne de l'eau avec assez d'abondance; mais pour faire dégager l'eau du diaspore, il faut le chauffer à une température supérieure à 300°. Au-dessus de cette température il ne s'altère pas; des morceaux de diaspore soumis pendant plus d'une demi-heure à l'action de l'acide sulfurique bouillant n'ont pas perdu la plus légère proportion d'eau.

Les caractères extérieurs de l'ancien diaspore sont assez différents des caractères du diaspore de

Sibérie. Sa couleur est le gris de perle; il possède un clivage très-facile, mais courbe; il présente en outre plusieurs autres sens de fissures qui conduisent par leur ensemble à une structure rhomboïdale. Sa pesanteur spécifique est de 40,60. Il raie facilement le verre, mais il est très-fragile.

Analyse. La calcination de cette substance ayant démontré qu'elle contenait une forte proportion d'eau, je présumai qu'elle serait facilement attaquable par les réactifs ordinaires; après l'avoir réduite en poudre impalpable, je la soumis donc successivement à l'action de l'acide muriatique concentré, et de l'acide sulfurique bouillant; le premier acide décolora presque immédiatement la matière, et je la crus attaquée; mais le fer seul avait été dissous. Cette insolubilité dans les acides m'ayant surpris, je voulus m'assurer si effectivement l'action de ces réactifs était nulle, et je fis bouillir pendant plusieurs heures, dans l'acide muriatique, un morceau dont les angles étaient très-aigus; ils ne furent nullement émoussés; le fragment avait seulement perdu sa couleur ferrugineuse, et était devenu gris clair très-brillant, et semblable à de la trémolite. Après l'avoir lavé et séché à une douce chaleur, j'en cherchai la quantité d'eau, et je la retrouvai exactement de 14,60 pour cent, comme dans la première expérience, pour la détermination de l'eau.

Après les premiers essais, j'ai fondu 3 grammes de substance pulvérisée avec 12 grammes de potasse à l'alcool, la masse est devenue parfaitement liquide, je l'ai maintenue à cet état pendant près d'une demi-heure; malgré cette longue fusion, près d'un tiers de la substance (0gr.,95)

ne s'est pas dissous dans l'acide muriatique, et j'ai été obligé de le soumettre une seconde fois à l'action de la potasse caustique. Après avoir réuni les produits de ces deux attaques, j'ai cherché successivement la silice, le fer, l'alumine, la chaux et la magnésie. Comme vérification j'ai fait une seconde analyse ; j'ai substitué à l'attaque par la potasse caustique, la fusion avec le carbonate de baryte, que M. le docteur Abich a indiquée comme le meilleur moyen pour l'analyse des minéraux alumineux, qui sont généralement très-difficiles à attaquer. J'ai fondu 2 grammes de substance avec 8 grammes de carbonate de baryte obtenu artificiellement. Le mélange, placé dans un creuset de platine, puis dans un creuset de Heiss, a été chauffé à la température d'un essai de fer. Toute la masse était imparfaitement fondue, cependant elle présentait une texture cristalline au centre. Elle s'est complétement dissoute dans l'acide muriatique. Après avoir précipité la baryte par l'acide sulfurique, j'ai recherché les différents éléments que m'avait donnés la première analyse. Je transcris en regard les résultats obtenus par ces deux procédés.

Eau	gr. 0,436	0,295
Alumine	2,238	1,465
Silice	0,088	0,055
Peroxide de fer	0,136	0,074
Chaux et magnésie	0,050	0,036
Perte	0,052	0,075
	3,000	2,000

La moyenne de ces deux analyses, calculée en centièmes, donne pour la composition du diaspore de Sibérie :

		Oxygène.	Rapport.
Eau.	0,1458	0,1295	2
Alumine.	0,7466	0,3487	5
Silice	0,0290		
Peroxide de fer. . . .	0,0451		
Chaux et magnésie . .	0,0164		
Perte	0,0171		

La décoloration du diaspore par l'acide muriatique a fait voir que le fer ne lui appartient pas : la silice doit également être regardée comme étrangère attendu qu'on voit quelques petites parties quartzeuses dispersées irrégulièrement dans l'échantillon. Ce minéral est donc composé exclusivement d'alumine et d'eau, dans le rapport atomique de 5 : 2. Quoique ce rapport ne soit pas très-simple, on doit le considérer comme représentant la composition de cette substance minérale, car il est presque identique avec le nombre que donnerait l'analyse de M. Children, si on y supprimait les huit centièmes de fer qu'il a trouvés ; ce fer me paraît dû à des pyrites décomposées qui forment des taches brunes au milieu de l'ancien diaspore. L'analyse suivante, que j'en ai faite, confirme cette supposition. Après m'être assuré que ce minéral n'éprouve aucune altération, même dans la proportion d'eau qu'il contient, par sa digestion dans l'acide sulfurique bouillant, j'en ai fondu 1gr.,315 avec du carbonate de baryte ; la masse vitrifiée, reprise par l'acide muriatique et débarrassée de la baryte, a donné

		Pour 1,0000.	oxygène.	rapp.
Eau	0,199	0,1513	13,44	2
Alumine.	1,038	0,7893	36,86	5
Silice	0,017	0,0139		
Peroxide de fer. .	0,007	0,0052		
Chaux.	0,026	0,0198		
Perte	0,028	0,0214		
	1,315	1,0000		

Cette composition atomique est presque identique avec celle du minéral de Sibérie; il en résulte que, dans le nombre qui représente la composition du diaspore, l'oxygène de l'eau est à l'oxygène de l'alumine dans le rapport de 2 : 5.

DESCRIPTION

De la gédrite, nouvelle espèce minérale;

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

Ce minéral a été découvert par M. le vicomte d'Archiac, dans la vallée de Heas, près Gèdre. Il l'a recueilli parmi les pierres éparses sur le sol, on n'en connaît donc pas exactement le gisement; mais il doit se trouver en veine dans le terrain ancien, qui forme cette vallée haute des Pyrénées. La gédrite est en masse cristalline, présentant une texture fibreuse, radiée, un peu lamellaire, analogue à la texture de certaines variétés d'amphiboles. Elle ne possède pas de clivages assez prononcés pour qu'on puisse préjuger sa forme cristalline; ce minéral est d'un brun de giroffle, il possède un éclat demi-métallique très-faible.

La gédrite raie très-difficilement le verre; elle est rayée par le quartz; sous le pilon elle s'écrase avec facilité, et donne une poussière d'un jaune fauve; elle est assez tenace, et reçoit l'empreinte du marteau.

Sa pesanteur spécifique est de 32,60.

Au chalumeau, elle fond facilement en émail noir un peu scoriacé. Si on ajoute du borax, on obtient un vert très-foncé, presque noir.

Les caractères extérieurs de la gédrite la rapprochent beaucoup de l'antophylite, surtout des variétés trouvées dans les blocs ératiques de la Suède, lesquelles sont imparfaitement lamelleuses; mais elle diffère essentiellement de l'antophylite lamellaire; peut-être ces deux variétés devraient-elles être séparées.

La gédrite étant inattaquable par les acides, pour en faire l'analyse, j'en ai fondu 2g,535 avec un mélange de carbonate de potasse et de carbonate de soude. La masse fondue a été reprise par de l'acide muriatique, qui l'a complétement dissoute. J'ai évaporé la liqueur à siccité pour en séparer la silice. Puis, j'ai recherché successivement dans la dissolution muriatique le fer, l'alumine, la chaux et la magnésie. Dans un essai préliminaire, j'avais reconnu que la gédrite contient 0,2301 d'eau. En réunissant ces différents éléments, on trouve, pour la composition de ce minéral,

		Pour 100,000.	oxygène.	rapp.
Silice	0,984	38,811	20,22	10
Alumine	0,237	9,309	4,29	2
Protoxide de fer	1,162	45,834	10,44	5
Magnésie	0,104	4,130	1,60	1
Chaux	0,017	0,666	0,19	
Eau	» »	2,301	2,04	1
	2,504	101,051		

Il résulte de cette analyse que, dans la gédrite, l'oxygène des bases à trois atomes est double de l'oxygène des bases à un atome. Ce rapport con-

duirait à une expression très-simple, si l'on supposait l'alumine et la silice isomorphes, ce qui n'a pas encore été admis. La formule qui représente la composition de ce minéral est encore assez simple, en admettant que la silice y est combinée avec le protoxide de fer, tandis que l'alumine l'est avec la magnésie. Cette formule devient alors :



$$5fS^2 + MA^2 + Aq.$$

La composition de la gédrite diffère essentiellement de la composition de tous les minéraux connus. La substance dont elle se rapproche le plus, sous ce rapport, serait une variété de bronzite, analysée par M. L. Gmelin, qui est représentée par la formule $2\,MS^2 + (fc)S^2$. Mais cette bronzite ne contient ni alumine ni eau, et la quantité d'alumine qui existe dans la gédrite est trop considérable pour qu'on puisse la négliger. Cette grande différence de composition, pour un minéral cristallisé, et par conséquent homogène, m'a fait penser qu'on devait le regarder comme formant une espèce particulière, malgré que ses cristaux ne soient pas assez nets pour qu'on puisse connaître le système cristallin auquel il se rapporte. Le nom de *gédrite* que je lui ai donné est tiré du lieu où cette substance a été recueillie.

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, chef de la division des mines.

Mines.

Lorsqu'un tiers prétend avoir été omis par erreur au nombre des titulaires d'une concession de mines; il peut, en vertu de l'art. 40 du décret du 22 juillet 1806, se pourvoir en rectification de l'ordonnance qui a institué la concession. — Le pourvoi ne doit pas être formé par la voie contentieuse. — Distinctions à faire entre la compétence administrative et la compétence des tribunaux, à l'égard des traités passés entre les concessionnaires et les tiers, soit avant, soit après les ordonnances de concession.

Une ordonnance royale, du 4 novembre 1824, a institué la concession des mines de houille de la Béraudière, situées dans le département de la Loire.

Au moment où se terminait l'instruction de l'affaire, et peu de temps avant que l'ordonnance fût rendue, MM. Bayon, Larderet et consorts, alors en instance pour obtenir cette concession, et qui depuis l'ont obtenue, firent avec M. Jean-Claude Peyret des traités par lesquels ils consentaient à l'admettre dans leur association. Ces actes furent déposés à la préfecture; mais déjà les pièces de l'affaire avaient été transmises à l'administration. Les traités ne furent point réunis à temps au dossier; par suite de ce retard, l'administration n'en eut pas connaissance, de sorte qu'ils ne furent point visés dans l'ordonnance de concession et que le nom de M. Peyret ne fut pas compris au nombre des titulaires désignés par cette ordonnance.

M. Peyret est décédé sans élever de réclamation.

Le 27 septembre 1834 ses héritiers se sont pourvus au conseil d'état par la voie contentieuse. Ils ont demandé que l'ordonnance du 4 novembre 1824, portant concession des mines de la Beraudière, fût déclarée leur être commune avec les concessionnaires qui s'y trouvaient dénommés.

L'affaire était-elle du ressort des tribunaux? les réclamants devaient-ils y être renvoyés?

On disait, dans le système d'une solution affirmative, que, dès que l'ordonnance qui institue une concession est rendue, l'autorité administrative n'a plus à connaître des questions qui peuvent s'élever relativement à la participation réclamée par des tiers, en vertu de précédents traités, dans les droits privés que cette ordonnance a créés;

Que si les titulaires désignés dans l'acte de concession ne contestent point le titre sur lequel ces tiers s'appuient et consentent à ce qu'ils soient admis en participation avec eux, l'intervention de l'autorité administrative devient sans objet, car cette intervention n'est pas requise pour les mutations ou adjonctions de personnes qui s'opèrent au sein d'une société concessionnaire de mines; qu'il suffit que ces changements n'introduisent point un partage du gîte minéral, partage que la loi interdit d'effectuer sans une autorisation préalable donnée dans les mêmes formes que la concession elle-même; qu'en d'autres termes, pourvu que la propriété reste indivise, les sociétaires sont libres de s'adjoindre de nouveaux membres; qu'ainsi il n'est besoin d'aucun recours à une autorité quelconque, pour que des traités antérieurs à une concession s'exécutent, si ceux qui les ont souscrits se considèrent comme obligés les uns à l'égard des autres, et si ces traités ne contiennent rien d'opposé aux conditions qui sont prescrites dans l'intérêt d'une exploitation régulière; que la reconnaissance qui serait faite de ces traités par une nouvelle ordonnance n'ajouterait rien à leur effet; qu'elle ne changerait pas les relations des sociétaires, et ne pourrait, en aucun cas, conférer à l'un ou à plusieurs d'entre eux la faculté d'user isolément de la qualité de concessionnaire, car la loi veut expressément que tous les copropriétaires d'une concession de mines soient considérés comme un être collectif, agissant par des mandataires, et qu'ils ne puissent ni partager leur propriété sans

une autorisation formelle, ni diviser leurs travaux; que cette ordonnance, en cas d'accord des parties, serait donc superflue;

Que si, au contraire, les titres que les tiers font valoir, pour être adjoints aux titulaires de la concession, étaient contestés par ceux-ci, alors on ne pourrait statuer sur le litige qu'après que les parties auraient été entendues contradictoirement; et comme l'objet de ce litige consisterait précisément dans l'appréciation de la valeur des traités qui ne concernent que des intérêts privés, le débat serait uniquement judiciaire et rentrerait dans la compétence des tribunaux.

La requête des héritiers Peyret a été rejetée par une ordonnance royale du 20 juillet 1836 (1), rendue sur le rapport du comité de législation et de justice administrative, mais, par ce motif, que la réclamation des héritiers du sieur Jean-Claude Peyret ayant pour but la rectification d'une ordonnance portant concession de mines, et dans laquelle ils prétendent que le nom du sieur Peyret a été omis par erreur, cette réclamation n'était pas de nature à être présentée par la voie contentieuse.

Il résulte implicitement de cette décision que, en pareils cas, les réclamants doivent se pourvoir dans la forme indiquée par l'art. 40 du décret du 22 juillet 1806, qui porte que, lorsqu'une partie se croira lésée dans ses droits ou sa propriété par l'effet d'une décision rendue en conseil d'état, en matière non contentieuse, elle pourra présenter une requête, pour, sur le rapport qui en sera fait, l'affaire être renvoyée, s'il y a lieu, soit à une section du conseil d'état, soit à une commission.

Sans doute, si les parties sont d'accord, elles peuvent exécuter entre elles les traités qu'elles ont souscrits; mais s'il y a contestation, comme il s'agit d'interpréter ou de rectifier une ordonnance royale, de savoir si le nom d'un tiers, qui a été omis parmi les titulaires de la concession, doit ou non y figurer, il n'appartient qu'à l'autorité, de qui cette ordonnance émane, de juger la question, d'interpréter ou de rectifier, s'il y a lieu, sa première décision. Aux termes de l'article 16 de la loi du 21 avril 1810,

---

(1) Voir cette ordonnance ci-après, page 604.

le gouvernement, lorsqu'il concède une mine, juge des motifs d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs, qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres. Il n'appartiendrait pas aux tribunaux, lorsqu'il a désigné explicitement les titulaires d'une concession, de déclarer qu'un tiers, qui n'a point été dénommé dans l'ordonnance, doit y être compris.

L'autre système, soutenu dans l'affaire, confondait, ce semble, le cas où il s'agirait d'un traité postérieur à l'institution de la concession, avec celui où le traité a effectivement précédé cette concession. Dans le premier cas, c'est certainement aux tribunaux à en connaître. La mine concédée est assimilée par l'article 7 de la loi du 21 avril 1810 à tous autres biens. Les actes que font des concessionnaires de mines sont entièrement semblables aux autres contrats. Si ces concessionnaires s'obligent envers un tiers à l'admettre dans leur entreprise, et s'il y a ensuite entre eux contestation, il appartient à l'autorité judiciaire de vider le litige. C'est ici que s'applique très-bien cette réflexion que l'intervention de l'autorité administrative n'est nullement requise pour les mutations ou adjonctions de personnes qui s'opèrent parmi des concessionnaires de mines. Il suffit alors que ces changements n'entraînent rien de contraire aux règles d'après lesquelles l'exploitation doit être conduite. Mais, dans le second cas, qui est celui dont il s'agissait dans l'espèce, c'est-à-dire lorsqu'il est question d'une stipulation antérieure à l'octroi de la concession, et par laquelle des demandeurs, en instance pour obtenir cette concession, ont admis un tiers à figurer avec eux parmi les titulaires si le gîte minéral leur était concédé, l'autorité seule qui a disposé de la mine doit décider, lorsqu'il y a discussion entre les parties, à qui elle a entendu attribuer cette propriété souterraine; à elle seule il appartient d'examiner si elle a fait une omission dans la désignation des concessionnaires, si elle n'a pas tenu compte de tous les titres auxquels elle voulait avoir égard.

Un autre cas encore, de la compétence des tribunaux, serait celui où il s'agirait de discussions entre des cotitulaires, relativement aux parts que chacun d'eux doit avoir dans les résultats de l'entreprise. La concession leur a été accordée en commun: l'intérêt qu'ils peuvent respectivement prétendre dans la concession dépend des conventions

qu'ils ont faites, de leur acte d'association ; il se détermine d'après les règles des contrats ordinaires et obligations, et c'est là une pure question de droit civil sur laquelle il est par conséquent réservé à l'autorité judiciaire de statuer. Il n'en est plus de même quand la question est de savoir si une personne qui ne se trouve pas désignée dans l'acte de concession doit ou non être déclarée cotitulaire de cette concession. Quels que soient les traités faits antérieurement par les parties, si ces traités n'ont pas été sanctionnés par l'ordonnance, ils ne peuvent donner lieu entre les contractants qu'à une action en indemnité; et c'est au gouvernement à décider s'il y a ou non erreur ou omission à réparer dans l'ordonnance qu'il a rendue.

Ces principes avaient déjà été consacrés par un décret intervenu, le 14 février 1813 (1), dans une affaire analogue à celle qui fait l'objet de cet article.

---

(1) Décret du 14 février 1813.

NAPOLÉON, Empereur des Français, etc.

Sur le rapport de notre commission du contentieux;

Vu la requête qui nous a été présentée par la dame Lelie-Hyppolite-Gertrude Vitalis, épouse du sieur Claude Lurat, demeurant à Aix, département des Bouches-du-Rhône, pour qu'il nous plaise, en interprétant notre décret du 1er juillet 1809, qui concède pour cinquante années le droit d'exploiter les mines de houille aux sieurs Joseph-Daniel Féry-Lacombe, Joseph Dubreuil et compagnie, dire que le sieur Joseph Vitalis, oncle de la requérante, et dont elle se porte comme unique héritière, est un des concessionnaires compris dans l'expression générique *et compagnie*;

Vu le décret précité;

Vu les observations de notre directeur général des mines, desquelles observations il résulte que le sieur Vitalis, étant l'un des signataires de la pétition qui a précédé la concession dont il s'agit; qu'antérieurement à cette concession, il exploitait pour son compte particulier des parties de mines aujourd'hui comprises dans ladite concession et dont il n'avait pas été dépossédé; qu'en conséquence, l'intention de l'administration a été de comprendre le sieur Joseph Vitalis au nombre des concessionnaires en faveur desquels a été rendu notre décret du 1er juillet 1809;

Vu la requête en défense des sieurs Joseph-Daniel Féry-Lacombe, Joseph Dubreuil et compagnie, dans laquelle, en avouant que la concession a été sollicitée tant par eux, nominativement désignés dans notre décret, que par le sieur Joseph Vitalis, ils

Le 1er juillet 1809, des mines de houille, dans le département des Bouches-du-Rhône, avaient été concédées à MM. Féry-Lacombe, Dubreuil et compagnie.

M. Lurat, qui se trouvait, dans l'origine, faire partie de cette compagnie, était décédé dans le cours de l'instruction, et son nom ne fut pas énoncé dans l'acte de concession.

Madame Vitalis, son héritière, a présenté requête tendante à ce que, en interprétation du décret du 1er juillet 1809, il fût déclaré que le sieur Lurat était l'un des concessionnaires compris dans l'expression générique *et compagnie*.

MM. Féry-Lacombe et Dubreuil, tout en avouant que la concession avait été sollicitée en commun par eux et le sieur Lurat, prétendaient que celui-ci étant mort deux mois avant que le décret du 1er juillet 1809 fût rendu, il n'avait pu faire partie de leur société.

Mais, d'après les observations de l'administration des mines, et considérant qu'il était constant que le *sieur Lurat* avait été l'un des signataires de la demande en concession, que l'administration avait eu l'intention de le faire figurer dans le décret pour une part qui dépendait des conventions faites entre les parties ou des intérêts qu'elles apportaient dans leur société, il a été décidé que le sieur Lurat, et, à son défaut, ses ayant-cause, étaient compris au nombre des titulaires auxquels la concession avait été accordée.

---

prétendent que celui-ci étant mort deux mois avant l'obtention dudit décret, il n'a pu faire partie de leur société;

Considérant qu'il est constant que le sieur Joseph *Vitalis était* l'un des copétitionnaires, et que l'intention de l'administration a été qu'il fût compris au nombre des concessionnaires pour une part que notre décret n'a point réglée, et qui dépend des conditions faites entre les pétitionnaires ou des intérêts acquis qu'ils apportaient dans leur société;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons décrété et décrétons ce qui suit:

Art. 1er. Le sieur Joseph Vitalis, et, à son défaut, ses ayant-cause sont compris au nombre des concessionnaires auxquels nous avons accordé l'exploitation des mines de houille désignées par notre décret impérial du 1er juillet 1809.

Art. 2. Notre grand juge, ministre de la justice, et notre ministre de l'intérieur sont chargés de l'exécution du présent décret.

Seulement il est à remarquer que ce décret du 14 février 1813 a été rendu au contentieux, tandis qu'au contraire l'ordonnance du 20 juillet 1836 porte que ce n'est pas par la voie contentieuse qu'on doit se pourvoir en pareille circonstance. Mais le point fondamental, que c'est au gouvernement et non aux tribunaux à juger si un tiers doit figurer au nombre des titulaires d'une concession, et que les tribunaux n'ont à connaître que des discussions relatives à la part d'intérêt que ce tiers aura dans la concession, se trouve formellement décidé par le décret dont il s'agit. Maintenant, d'après l'ordonnance du 20 juillet 1836, on voit que c'est dans la forme prescrite par l'art. 40 du décret du 22 juillet 1806 que la requête devrait être présentée. En effet, l'institution d'une concession de mines n'est point une affaire contentieuse. La loi n'admet pas que l'on ait des droits absolus à obtenir une concession; elle ne reconnaît que des titres à cette obtention. Quand donc le gouvernement concède une mine, qu'il déclare telle ou telle personne concessionnaire, il ne prononce pas sur des droits acquis, dans l'acception ordinaire de ces expressions, il confère une propriété à ceux qui lui ont paru mériter de fixer son choix. Il ne pourrait être question de droits que s'il s'agissait de régler les limites d'une ancienne concession dont l'acte d'institution serait perdu ou incomplet; mais alors ce n'est point, à proprement parler, une concession nouvelle que l'on accorde, c'est une concession déjà faite qu'on régularise par suite d'un titre préexistant.

Minières. — Terres pyriteuses et alumineuses.

1° *Les terres pyriteuses et alumineuses sont assimilées, par les articles 71 et 72 de la loi du 21 avril 1810, aux minières. Les propriétaires d'usines légalement autorisées, peuvent obtenir la permission d'y extraire le minerai, si le propriétaire du terrain n'exploite pas lui-même. — La circonstance, que ces terres pyriteuses et alumineuses se trouveraient dans un terrain tourbeux, ne saurait mettre obstacle à l'application de ces dispositions.*

Les articles 71 et 72, dans la généralité de leurs termes, comprennent les minerais renfermant les éléments du vitriol, soit qu'ils se trouvent épars dans du lignite, qu'ils se présentent mélangés de sable, ou qu'ils se rencontrent associés à la tourbe.

2° *Le propriétaire du terrain ne peut s'opposer à l'exploitation, par le motif qu'il aurait lui-même formé une demande pour être autorisé à établir une usine, et qu'il voudrait se réserver l'usage de ce même minerai.*

Il existe à Forges-les-Eaux, département de la Seine-Inférieure, des terrains tourbeux dont les assises inférieures, d'une épaisseur d'un mètre environ, contiennent des matières pyriteuses et alumineuses, assez riches pour être exploitées. Le banc supérieur, d'une épaisseur semblable, présente ces mêmes matières en beaucoup moins grande quantité; toutefois, il en renferme encore assez pour que la tourbe y soit impropre aux usages domestiques.

Le propriétaire d'une usine vitriolique, M. Dupré, ayant épuisé ces minerais qui se trouvaient dans son voisinage, a adressé au préfet du département une demande pour être autorisé à en extraire sur un terrain qui appartenait à un tiers, M. Thibout. Il s'est fondé sur les articles 71 et 72 de la loi du 21 avril 1810, qui ont assimilé les terres pyriteuses et alumineuses aux minières de fer que les maîtres de forges peuvent obtenir la permission d'exploiter, quand le propriétaire du sol ne les exploite pas lui-même, à la charge de payer à celui-ci une indemnité réglée de gré à gré ou à dire d'experts.

Le préfet, sur l'avis des ingénieurs des mines du département, a rejeté cette demande. Il lui a paru que, le minerai se trouvant ici associé avec la tourbe, la présence de cette dernière substance, qui, d'après l'article 83 du 21 avril 1810, appartient au propriétaire du sol, s'opposait à ce que M. Dupré pût s'appuyer sur les articles 71 et 72, pour exploiter la couperose comme terre alumineuse. Le préfet fondait aussi sa décision sur ce que M. Thibout, propriétaire du terrain, avait lui-même demandé la permission d'élever une usine vitrio-

lique, et qu'il comptait, pour l'alimenter, faire usage de ce même minerai existant sur sa propriété.

M. Dupré s'est pourvu devant le ministre du commerce et des travaux publics contre l'arrêté du préfet.

L'art. 83 de la loi du 21 avril 1810 porte, que les tourbes ne peuvent être exploitées que par le propriétaire du terrain, ou de son consentement. Il pourrait sembler au premier aspect que cet article est absolu, et qu'il s'opposait à toute dérogation au droit commun; mais des renseignements plus complets ayant été fournis sur la nature et le gisement de ces terrains tourbeux, on a reconnu que les substances qu'ils renferment sont de véritables terres pyriteuses et alumineuses, que leur mélange avec des débris de végétaux passés à l'état de tourbe fait appeler dans le pays *tourbes vitrioliques*, mais qui sont absolument de la même nature que celles qui ont été classées parmi les minières par la loi du 21 avril 1810, lorsqu'il s'agit de les destiner à un traitement métallurgique. Or, la circonstance que des terres pyriteuses et alumineuses se trouvent dans un terrain tourbeux, ne saurait empêcher que les dispositions des articles 71 et 72 ne leur soient applicables, que le propriétaire d'une usine légalement autorisée ne puisse obtenir la permission de les exploiter pour les besoins de son usine, si le propriétaire du terrain ne les exploite pas lui-même. Ce dernier conserve son droit sur la tourbe, il pourra la garder en nature lorsqu'elle sera extraite, ou en recevoir le prix, réglé conformément aux dispositions de la loi; mais il ne peut pas plus se fonder sur ce que la tourbe est sa propriété, pour s'opposer à l'exploitation du gîte de substances pyriteuses qu'elle contient, que le propriétaire d'une carrière, par exemple, ne serait fondé à empêcher d'exploiter une mine ou une minière par le motif que cette carrière la recouvre. Si une telle opposition était admissible, la loi serait anéantie dans son principe même, et tout l'effet en serait détruit. On ne peut invoquer le droit commun que là où un droit exceptionnel n'existe pas. Ici le droit exceptionnel est créé par la loi elle-même. Les mots *terres pyriteuses et alumineuses*, employés par l'article 71, désignent dans leur acception générale, les minerais renfermant les éléments du vitriol, qu'ils soient épars dans du lignite, mélangés de sable ou associés à la tourbe. Qu'une mi-

nière soit recouverte par une tourbière, ou bien qu'elle y soit associée de telle sorte que le minerai ne puisse être exploité sans la tourbe, c'est la minière qui devient le *principal*, la tourbière n'est que l'*accessoire*, et c'est ainsi que dans le département de l'Oise des minerais vitrioliques, placés dans la même situation que ceux de Forges-les-Eaux, sont exploités depuis quarante années par des propriétaires d'usines, en vertu des articles 71 et 72 de la loi.

Quelquefois il peut être difficile de distinguer dans un terrain la tourbe vitriolique de celle qui, contenant peu de matières pyriteuses et alumineuses, est propre à servir de combustible. Mais c'est une circonstance indifférente. La permission d'extraire le minerai donne droit à toute la tourbe qui peut être traitée comme *minerai*. Si le propriétaire de l'usine se trompe dans son choix, lui seul se trouvera lésé, car il devra payer toute la substance qu'il enlève : le propriétaire du terrain ne court donc aucune espèce de risques.

Quant à cette autre circonstance qui se présentait dans l'espèce, savoir : que M. Thibout, à qui le sol appartient, avait lui-même formé une demande pour être autorisé à construire une usine vitriolique, on a également pensé qu'elle ne devait pas faire obstacle à ce que M. Dupré, qui possède actuellement une usine de ce genre, pût exploiter les terres pyriteuses et alumineuses dont il a besoin, puisque M. Thibout ne les exploite pas lui-même. C'est aux établissements existants, non à des établissements qui ne sont qu'en projet, que la loi affecte les minières. Si M. Thibout obtient plus tard l'autorisation d'élever une usine vitriolique, alors il entrera avec M. Dupré en partage des terres pyriteuses et alumineuses du pays, conformément à l'article 64 de la loi, qui porte qu'en cas de concurrence entre plusieurs propriétaires d'usines pour l'exploitation dans un même fonds, le préfet détermine, sur l'avis de l'ingénieur des mines, les proportions dans lesquelles chacun d'eux peut exploiter. Cet article, qui concerne les minières, s'applique aussi aux terres pyriteuses et alumineuses, puisque la loi place celles-ci dans la catégorie des minières. Mais M. Thibout n'a pas le droit de tenir ces substances en réserve, pour en priver ceux à qui elles sont actuellement nécessaires.

En résumé, l'exploitation des terres pyriteuses et alumineuses demeurant soumise aux règles qui sont relatives aux minières, et la tourbe vitriolique qu'il s'agissait d'extraire étant une véritable terre de cette nature, c'est comme demande en autorisation d'exploiter une minière que la pétition de M. Dupré devait être instruite et appréciée. Cette pétition aurait dû d'abord être notifiée à M. Thibout, propriétaire du terrain. A défaut par celui-ci de déclarer dans le mois qu'il avait l'intention d'exploiter, on devait passer outre à l'instruction, et après qu'il aurait été entendu ou mis ainsi en demeure de se faire entendre, le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, aurait statué ce que de droit. Telle eût été la marche régulière : les articles 71 et 72, relatifs aux terres pyriteuses et alumineuses, se référant aux articles 57 et 58 qui concernent les minières, impliquent cette conséquence, que les dispositions contenues dans la section 11, intitulée *de la propriété et de l'exploitation des minerais de fer d'alluvion*, régissent également les terres pyriteuses et alumineuses; car ces dispositions ne sont que le complément des articles 57 et 58. Toutes les expressions des articles 71 et 72 indiquent évidemment que telle a été la pensée du législateur. Les formalités dont il s'agit n'ayant pas été remplies dans l'affaire, l'article 83 de la loi ayant été appliqué, au lieu des articles 71 et 72 qui devaient l'être, il y avait eu omission de formes, et application inexacte des dispositions de cette loi.

Par ces diverses considérations, et conformément à l'avis du conseil général des mines, l'arrêté de M. le préfet de la Seine-Inférieure a été annulé le 30 juillet 1836, par M. le ministre du commerce et des travaux publics, sur le rapport du conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines, et il a été décidé qu'il serait procédé à l'instruction de la demande de M. Dupré, comme en matière de minières, en exécution des articles 71 et 72 de la loi du 21 avril 1810.

Machines et chaudières a vapeur.

1° *Les machines et chaudières à vapeur, à basse pression, sont comprises dans la troisième classe des ateliers insalubres ou incommodes.*

2° *C'est au préfet de police, à Paris, qu'il appartient de délivrer les permissions pour l'établissement de ces machines, et de maintenir l'exécution des clauses insérées dans l'acte d'autorisation.*

3° *S'il s'élève à ce sujet des contestations, soit relativement au sens des conditions, soit en ce qui concerne l'exécution qui leur a été donnée, le conseil de préfecture doit statuer en premier ressort, sauf pourvoi ultérieur au conseil d'état.*

Aux termes de l'ordonnance royale du 25 mars 1830, les machines et les chaudières à vapeur, à basse pression, sont rangées dans la troisième classe des établissements insalubres ou incommodes.

D'après l'art. 8 du décret du 15 octobre 1810, les établissements de troisième classe ne peuvent être formés, à Paris, que sur la permission du préfet de police, et dans les autres villes, que sur celle des maires. Le même article ajoute que, s'il s'élève des réclamations contre la décision prise par le préfet de police ou les maires, sur une demande relative à ces établissements, elles seront jugées au conseil de préfecture.

Par suite de l'attribution donnée à Paris au préfet de police, c'est à lui également qu'il appartient de tenir la main à l'exécution des conditions qui ont été prescrites par l'acte de permission.

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'une machine ou chaudière à vapeur, à basse pression, existant à Paris, c'est au préfet de police à ordonner les mesures qui lui paraissent résulter des conditions énoncées dans la permission, et de juger si le propriétaire de l'établissement s'y est conformé. S'il s'élève à ce sujet des contestations, si le propriétaire de la machine prétend que le préfet a mal interprété les clauses insérées dans l'acte d'autorisation, ou a fait une fausse application des règlements, c'est devant le

conseil de préfecture que ces contestations doivent être portées, c'est ce conseil qui doit prononcer en premier ressort. Le pourvoi qui serait formé directement au conseil d'état contre l'arrêté du préfet ne serait point admissible.

Ces règles ont été de nouveau consacrées par une ordonnance du roi, du 3 septembre 1836 (1), rendue à l'occasion d'une machine à vapeur à basse pression, établie dans une filature de coton à Paris, et au sujet de laquelle il y avait discussion, relativement au sens des conditions qui se trouvaient imposées par l'acte d'autorisation. Le propriétaire de cet établissement avait porté sa réclamation directement au conseil d'état contre l'arrêté du préfet de police. Il a été renvoyé à se pourvoir devant le conseil de préfecture du département de la Seine.

Machines a vapeur.

Lorsque l'arrêté d'un conseil de préfecture a infirmé une autorisation délivrée pour l'établissement d'une machine à vapeur, et que le conseil d'état est saisi d'un pourvoi contre un arrêté, il peut, s'il est reconnu que l'exécution immédiate aurait des inconvénients, être sursis à cette exécution, en ordonnant provisoirement toutes les précautions nécessaires pour garantir les habitations du voisinage.

Ainsi décidé par une ordonnance du 5 septembre 1836 (2).

Mines.

L'incertitude où l'on est sur le plus ou le moins de succès que pourra avoir l'exploitation d'une mine,

---

(1) *V.* cette ordonnance ci-après, page 613.

(2) *V.* cette ordonnance ci-après, page 615.

n'est point à elle seule un motif pour empêcher d'instituer une concession.

Ce qui importe surtout, c'est que la présence du gîte minéral, qui doit faire l'objet de la concession, soit constatée, et que les principales dispositions de ce gîte dans le sein de la terre soient suffisamment connues.

Nous avons rapporté plusieurs décisions qui ont rejeté des demandes en concession de mines, parce que les gîtes de substances qui faisaient l'objet de ces demandes n'avaient pas une existence suffisamment constatée. Les principes en cette matière ont été de nouveau fixés d'une manière précise et complète dans l'espèce suivante.

M. Bourgnon de Layre avait sollicité une concession de mines de houille dans le bassin de Vouvant, département de la Vendée, sans s'être préalablement livré à des travaux de recherches pour reconnaître si ce combustible existait réellement dans le lieu qu'il indiquait. Seulement une topographie souterraine, qui a été exécutée par les soins de l'administration, dans ce bassin et dans celui de Chantonay, avait signalé des affleurements de houille sur cette partie du sol; mais de simples affleurements ne prouvent pas qu'une véritable mine se trouve dans la profondeur.

Les ingénieurs des mines et le préfet du département, tout en observant que M. Bourgnon de Layre n'avait point opéré des recherches propres à faire reconnaître la présence d'un gîte houiller, se sont principalement fondés pour proposer d'ajourner la concession, sur cette circonstance qu'une exploitation nouvelle dans cette localité n'offrirait pas en ce moment de chances de succès, parce qu'on y manque de débouchés. Ils ont fait remarquer que les mines qui y sont actuellement ouvertes trouvent avec beaucoup de peine à écouler leurs produits, et que l'entreprise de M. de Layre, par la position qu'il avait choisie, serait dans une situation encore plus défavorable.

Le doute qui existerait sur le plus ou moins de réussite que pourrait avoir, sous le point de vue industriel, l'exploitation d'une mine nouvelle dans une localité, ne saurait être à lui seul un motif pour empêcher d'accor-

der une concession. Si l'instruction du 3 août 1810 porte que, pour qu'il y ait lieu à concession, il faut avoir reconnu le gisement des couches minérales, de telle manière qu'on ait la certitude d'une exploitation *utile*, ce n'est point à dire que l'administration doive se mettre en quelque sorte à la place des demandeurs, en ce qui concerne leurs intérêts financiers. Il serait souvent bien difficile, impossible même, de déterminer par avance si une entreprise de ce genre sera ou non lucrative et profitable; elle est nécessairement soumise à tant de conditions éventuelles, qu'on s'exposerait ainsi à beaucoup de mécomptes, et l'on pourrait paralyser l'essor de l'industrie. S'il est convenable et utile que les ingénieurs interviennent auprès des parties par leurs conseils, et les éclairent de leur expérience, c'est à elles surtout qu'il appartient de peser les chances qu'elles ont à courir, de calculer toutes les circonstances au milieu desquelles elles peuvent se trouver.

Mais ce qu'exige la loi du 21 avril 1810, parce que cela est effectivement indispensable, c'est qu'avant d'instituer la concession, on ait acquis la certitude que la mine qui doit en faire l'objet existe réellement. La loi veut, comme on le voit au titre III, que les recherches et la découverte du gîte précèdent toujours non-seulement la concession, mais même la demande. En effet, il n'y a rien encore à concéder, il n'y a pas de concession à demander là où la présence d'une mine n'est pas constatée. Et il faut non-seulement qu'il soit prouvé que la mine existe, mais aussi que des explorations préalables en aient fait connaître les principales allures dans le sein de la terre, afin que l'on puisse fixer les limites de la concession, et déterminer les clauses à imposer au concessionnaire.

A ces motifs, tirés de la nature même des choses, se joignent des considérations d'intérêt public : il est arrivé quelquefois que des personnes qui avaient obtenu des concessions sans que l'existence du gîte fût constatée, ont abusé du titre qu'elles avaient entre leurs mains, en induisant des tiers en erreur, en obtenant des capitaux, sous prétexte qu'il y avait des mines à exploiter, une entreprise qui allait à l'instant donner des produits, tandis qu'il n'était encore question que de travaux, de recherches à entreprendre, et dont le résultat n'était

nullement assuré. On a vu mettre en vente, pour des sommes considérables, certaines concessions où quelques affleurements, quelques indices de substances minérales étaient seulement reconnus, et que l'on présentait comme renfermant un gîte véritable, d'une valeur réelle et importante : il convient d'éviter toute mesure qui pourrait amener ces agiotages affligeants, et de prévenir de pareils abus. Alors même que la qualité des demandeurs écarte toute crainte de cette espèce et inspire au contraire la confiance, l'administration ne doit point faire fléchir le principe : elle ne saurait, en pareille matière, faire acception des personnes ; elle doit envisager seulement ce qui est convenable, et agir conformément aux règles, en évitant de prendre des décisions contraires à ces règles, et qu'on ne manquerait pas d'invoquer plus tard comme des précédents.

C'est d'après ces considérations que, sur le rapport de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, est intervenu, dans l'espèce actuelle, un arrêté de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, qui a décidé que la demande de M. Bourgnon de Layre était, quant à présent, regardée comme non avenue (1).

Tourbe. — Patente.

Le propriétaire qui vend la tourbe qu'il extrait de son terrain ne fait point un acte de commerce et n'est point sujet à la patente.

L'article 29 de la loi du 1er brumaire an 7 a exempté du droit de patente les propriétaires ou cultivateurs qui vendent les fruits provenant de leur fonds.

Cette disposition doit s'appliquer au propriétaire qui livre au commerce la tourbe qu'il extrait de son terrain. Les tourbes sont des dépendances du sol ; aux termes de l'article 83 de la loi du 21 avril 1810, elles ne peuvent être exploitées que par le propriétaire du terrain ou de

(1) *V.* cet arrêté, du 24 septembre 1836, ci-après, page 616.

son consentement ; à ce titre, elles font partie des autres fruits que le sol produit. Si la loi a assujetti l'exploitant à certaines conditions, telles que de présenter une déclaration, d'obtenir une permission, et de se soumettre aux règles qui seraient prescrites par l'autorité administrative, elle l'a fait uniquement dans un intérêt public. Cela ne change pas la nature de cette propriété, et celui qui se borne à vendre la tourbe provenant de son fonds, et excédant sa propre consommation, ne saurait être regardé comme un commerçant. C'est d'après le même principe que l'article 32 de la loi du 21 avril 1810 a énoncé formellement que l'exploitation des mines n'était pas considérée comme un commerce, et n'était point sujette à patente. Les tourbes ne sont pas des mines ; elles sont rangées dans la classe des minières ; mais de même que les mines, lorsqu'elles ont été concédées, sont la propriété de celui qui en a obtenu la concession, de même le possesseur du sol qui vend la tourbe qu'il a extraite de son terrain, fait un acte de propriétaire et non une opération commerciale.

Une ordonnance du roi du 4 novembre 1836 (1) l'a décidé ainsi ; cette ordonnance annulle un arrêté du conseil de préfecture du département du Pas-de-Calais, qui avait maintenu un propriétaire exploitant de tourbe au rôle des patentes, et prescrit le remboursement des sommes au paiement desquelles ce propriétaire avait été indûment soumis.

---

(1) *V.* cette ordonnance ci-après, page 627.

ORDONNANCES DU ROI,

ET DÉCISIONS DIVERSES,

Concernant les mines, etc.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1836.

Haut-fourneau, commune de Licq.

Ordonnance du 19 *juillet* 1836, *portant que* M. Bourgeois de Richemont *est autorisé à établir, conformément aux deux plans qui resteront annexés à ladite ordonnance, un haut-fourneau propre à la fusion du minerai de fer, au quartier de* Susselgue, *commune de* Licq, *arrondissement de* Mauléon (Basses-Pyrénées).

Forge à Atherey.

Ordonnance du 19 *juillet* 1836, *portant que* M. Bourgeois de Richemont *est autorisé à établir, conformément aux deux plans annexés à ladite ordonnance, sur le* Gave de Mauléon, *au lieu dit* Harpia, *dans la commune* d'Atherey, *arrondissement de* Mauléon (Basses-Pyrénées), *une forge, qui sera composée de deux feux d'affinerie ordinaires et d'un martinet à fer.*

Mines de lignite de Nans.

Ordonnance du 19 *juillet* 1836, *portant que la renonciation de* M. Jean-Baptiste Jourdan, *propriétaire des mines de lignite de* Nans (Var), *à la concession de ces mines, est acceptée.*

Ordonnance du 19 *juillet* 1836, *portant que* MM. Nicod *et* Baille *sont autorisés à établir, au territoire de* Plaisia-Ecrilles, *sur une dérivation de la rivière de la* Valouze (Jura), *au lieu dit et de la manière fixée par le plan d'ensemble qui restera joint à ladite ordonnance, une usine pour l'affinage du fer, composée de deux feux d'affinerie au charbon de bois et d'un gros marteau.* **Forge à Plaisia-Ecrilles.**

(Extrait.)

Art. 6. Conformément à l'engagement pris par MM. Nicod et Baille, la forge de Voga sera et demeurera supprimée, à partir du jour où la forge de Plaisia Ecrilles aura été mise en activité.

Ordonnance du 19 *juillet* 1836, *portant concession de gîtes de manganèse dans le département de la* Dordogne. **Mines de manganèse à Saint-Martin-de-Fressengeas.**

Art. 1er. Les gîtes de manganèse situés dans les alentours du périmètre de la concession de même substance, instituée par l'ordonnance royale du 15 novembre 1826, sur le territoire de Saint-Martin-de-Fressengeas (Dordogne), sont réunis à cette concession.

Art. 2. Au moyen de la réunion mentionnée en l'article précédent, les limites de ladite concession seront fixées ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance :

A l'ouest, par une ligne brisée, menée de l'angle sud de la maison de M. Noel Dupeyrat au village de la Veyssière à l'Espinas ;

De ce dernier point, par une seconde ligne droite, à la croix de Bournazeau, sise au point d'intersection du chemin de Saint-Martin par un autre chemin public ;

De ce point, par une troisième ligne droite menée de ladite croix au point d'intersection du chemin de Saint-Martin et de celui de la Chapelle-Fouché ;

Au nord-ouest, et successivement au *nord-est*, par une

quatrième ligne droite, partant de ce dernier point et aboutissant au colombier de Menaud, et de là par une cinquième ligne droite au colombier du Suquet;

A l'est, par une ligne droite tirée du point précédent, à l'angle sud-ouest de l'étable appartenant à M. Pierre Lacoste, au village du But;

Au sud, par une ligne droite menée de ce dernier point, à l'angle sud de la maison de M. Noel Dupeyrat, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue totale de 3 kilomètres, 57 hectares.

Art. 3. Il n'est rien dérogé aux autres dispositions de l'ordonnance royale du 15 novembre 1826, et du cahier des charges qui y est annexé. Elles continueront à recevoir leur exécution dans toute l'étendue de la concession délimitée, ainsi qu'il est dit en l'article 2 ci-dessus.

Art. 4. La présente ordonnance sera publiée et affichée, aux frais du concessionnaire et à la diligence du préfet, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Mines de houille de la Béraudière.

Ordonnance du 20 juillet 1836, portant rejet d'une réclamation tendant à ce qu'une ordonnance, qui avait accordé une concession de mine, fût annulée, par le motif que le nom de l'auteur des réclamants ne se trouvait point compris au nombre des titulaires de ladite concession.

Louis-Philippe, roi des Français,

Sur le rapport du comité de législation et de justice administrative;

Vu la requête à nous présentée au nom des héritiers du sieur Peyret (Jean-Claude), enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 27 septembre 1834, et par laquelle ils concluent à ce qu'il nous plaise déclarer que l'ordonnance du 4 novembre 1824, portant concession des mines de houille, dites de la Béraudière, demeurera commune et exécutoire au profit des exposants, en leur qualité d'héritiers de Jean-Claude Peyret;

Vu le mémoire en réplique, enregistré au secrétariat général de notre conseil d'état, le 28 janvier 1836, par

lequel ils persistent dans les conclusions de leur première requête;

Vu la lettre de notre ministre de l'intérieur, en date du 29 août 1835, enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 1er septembre 1835;

Vu notre ordonnance du 4 novembre 1824;

Vu toutes les pièces produites;

Vu l'art. 40 du règlement du 22 juillet 1806;

Ouï Me Crémieux, avocat du sieur Peyret;

Ouï M. Boulay (de la Meurthe), maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public;

Considérant que la réclamation des héritiers du sieur Jean-Claude Peyret tend à la rectification d'une ordonnance royale portant concession de mines, et dans laquelle ils prétendent que le nom du sieur Peyret a été omis par erreur;

Que cette réclamation n'est pas de nature à nous être présentée par la voie contentieuse;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La requête des héritiers du sieur Peyret est rejetée.

Art. 2. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'état de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'état du commerce et des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 5 *août* 1836, *portant concession des mines de houille de* TRÉBOSC et GALTIÈS (Aveyron).

Mines de houille de Trébosc et Galtiès.

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à M. Georges Broussy et compagnie, des mines de houille comprises dans les limites ci-après définies, communes de Bertholène et de Montrosier, arrondissement de Rodez (Aveyron).

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Trébosc et Galtiès*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :

Au nord, par une ligne droite tirée du clocher de Trébosc à l'angle sud du hameau de Galtiès ;

A l'est, par une droite tirée de cet angle jusqu'au confluent des ruisseaux de l'Aze et de Rieutord, ladite ligne servant en grande partie de limite à la concession de Bertholène ;

Au sud, par une droite menée de ce confluent sur l'angle nord-ouest du hameau de Mulbertié ;

A l'ouest, par une droite tirée de cet angle sur le clocher de Trébosc, point de départ, ladite ligne servant de limite à la concession des mines de Gages et Bennac ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés, cinquante-six hectares, soixante-dix ares.

Mines de houille de Lempret.

Ordonnance du 5 août 1836, portant concession des mines de houille de Lempret (Cantal).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait à M. Pierre Mignot, concession des mines de houille situées dans les communes de Champagnac et d'Ides, arrondissement de Mauriac, département du Cantal.

Art. 2. Cette concession sera désignée sous le nom de *concession de Lempret*, et est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance :

Au nord, par une ligne droite partant du point de rencontre de la route royale de Mauriac à Clermont, et du chemin de Lempret à cette grande route (par Jouannes), et aboutissant à l'angle est de la maison du sieur Juillard, au hameau de Lempret ;

A l'ouest, par une deuxième droite menée du point précédent, à l'angle est de la maison du sieur Soualhat, au hameau de Lempret ;

Au sud-ouest, par une troisième droite menée du point précédent, à l'angle nord de la maison du sieur Jean Veyssier, au hameau de Montmijol ;

Enfin *au sud-est*, par une dernière droite menée de ce dernier point au point de départ pris sur la route royale ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 3 kilomètres carrés, 3 hectares.

Ordonnance du 5 *août* 1836, *portant que* M. Muel-Doublat *est autorisé à établir, conformément au plan annexé à ladite ordonnance, un bocard à huit pilons avec les patouillets accessoires, pour le lavage du minerai de fer, sur le ruisseau du* Val d'Ormanson, *commune de* Saint-Joire (Meuse).

Bocard et patouillets à Saint-Joire.

Ladite ordonnance prescrit l'établissement de bassins pour l'épuration des eaux du bocard.

Ordonnance du 6 *août* 1836, *portant concession des mines de houille de* Saint-Géniès (Hérault).

Mines de houille de Saint-Géniès.

(Extrait.)

Art 1er. Il est fait à MM. Bayle, Fanjaud et compagnie, tels qu'ils sont constitués par leur acte de société, concession des mines de houille de Saint-Géniès-de-Varensal, y compris la portion houillère du territoire de Rozis, arrondissement de Béziers (Hérault).

Art. 2. Cette concession sera désignée sous le nom de *Saint-Géniès*. Elle est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au nord, à partir du col de l'Affenadou, par la limite du territoire de la commune de Mélagues (Aveyron), et par le chemin de Brusques à Graissessac jusqu'au ruisseau de Peyremale ;

A l'est, par le ruisseau de Peyremale jusqu'à sa jonction avec le ruisseau de la Bogue ; puis par le ruisseau de la Bogue jusqu'à sa jonction avec le ruisseau de Combals ; enfin par le ruisseau de Combals jusqu'à son confluent avec la rivière de Marre ; lesdits ruisseaux formant la limite occidentale de la concession de Saint-Gervais, telle qu'elle a été délimitée par l'ordonnance royale du 12 février 1833 ;

Au sud, par la rivière de Marre, en la remontant jusqu'au confluent du ruisseau de Moulières;

A l'ouest, à partir de ce confluent par une ligne sinueuse, suivant la limite qui sépare le territoire de Rozis de celui de Castanet-le-Haut jusqu'au roc de Cadausse, point commun aux limites des trois communes de Saint-Géniès, Castanet et Rozis; de ce point suivant la limite qui sépare les communes de Castanet et de Saint-Géniès, jusqu'au confluent des ruisseaux d'Olgue et des Taradelles; puis, en remontant ledit ruisseau des Taradelles jusqu'au col de l'Affenadou, point de départ; cette limite occidentale formant la séparation entre la concession de Saint-Géniès et celle de Castanet-le-Haut;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 13 kilomètres carrés, 18 hectares.

Mines de houille de Castanet-le-Haut.

Ordonnance du 6 août 1836, portant concession des mines de houille de Castanet-le-Haut (Hérault).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait à MM. Jourfier, Combescure et compagnie, tels qu'ils sont constitués par leur acte de société, concession des mines de houille situées dans la commune de Castanet-le-Haut, département de l'Hérault.

Art. 2. Cette concession sera désignée sous le nom de *concession de Castanet-le-Haut*. Elle est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

A l'est et *au nord-est*, en partant du confluent du ruisseau de Moulières dans la rivière de Marre, par une ligne sinueuse, suivant la limite qui sépare le territoire de Castanet-le-Haut du territoire de Rozis jusqu'au roc de Cadausse, point commun aux limites des trois communes de Castanet-le-Haut, Rozis et Saint-Géniès-de-Varensal; de ce dernier point, suivant la limite qui sépare les communes de Castanet et de Saint-Géniès jusqu'au confluent des ruisseaux d'Olgue et des Taradelles; puis en remontant ledit ruisseau des Taradelles jusqu'au col de l'Affenadou; ces limites formant séparation entre la

concession de Castanet-le-Haut et celle de Saint-Géniès-de-Varensal ;

A l'ouest, par deux lignes droites, allant du col de l'Affenadou, à l'embouchure des routes d'Agde à Alby et à Sainte-Affrique ; et de cet embranchement au clocher de Castanet-le-Haut, cette dernière ligne prolongée jusqu'à la rivière de Marre ;

Au midi, par la rivière de Marre jusqu'au confluent du ruisseau de Moulières ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de six kilomètres carrés, soixante-quatorze hectares.

Ordonnance du 7 août 1836, *portant que les propriétaires de l'usine à fer de* GOUILLE, *sise dans la commune de* BEURRE-SUR-LE-DOUBS, *arrondissement de* BESANÇON (Doubs), *sont autorisés à maintenir en activité les feux et artifices de cette usine, ci-dessous désignés*, savoir : **Usine à fer de Gouille.**

Deux feux d'affinerie au charbon de bois avec leurs machines soufflantes, et un gros marteau;

Deux fours d'affinage à la houille ;

Deux fours de chaufferie à la houille, pour l'étirage en barreaux ;

Un gros laminoir à barreaux ;

Un petit laminoir à barreaux ;

Quatre fours de chaufferie à la houille, pour les laminoirs à tôle ;

Un cinquième four à chaleur perdue des feux d'affinerie, pour les mêmes laminoirs ;

Un laminoir à tôle ;

Un four à la houille, pour le décapage ;

Un deuxième four à chaleur perdue des feux d'affinerie, aussi pour le décapage ;

Un four à la houille, pour le raffinage de l'étain ;

Une étamerie à douze creusets ;

Un four à réverbère et deux fourneaux à la Wilkinson, pour la fonte en seconde fusion ;

Six feux de maréchalerie ;

Les tours, cisailles et autres artifices accessoires ;

Lesdits propriétaires sont également autorisés à construire, dans leur établissement, un nouveau feu d'affinerie au charbon de bois avec un gros marteau.

Le tout conformément aux plans de masse et de détails annexés à ladite ordonnance.

Mines de houille de Château-l'Abbaye.

Ordonnance du 17 août 1836, portant concession des mines de houille de Château-l'Abbaye (Nord).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait à la compagnie propriétaire des mines de houille de Bruille, département du Nord, en vertu de l'ordonnance royale du 6 octobre 1832, concession des mines de houille comprises dans les limites ci-après définies, arrondissement de Valenciennes.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Château-l'Abbaye*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'ouest, par une ligne droite partant du clocher de Nivelles et se dirigeant au point D, au confluent des rivières de la Scarpe et de l'Escaut ;

Au nord, à partir de ce point, par la rive gauche de l'Escaut jusqu'au point E situé en face du confluent de la Calonne avec cette rivière ;

De ce dernier point, par une ligne droite menée jusqu'au point F, intersection de la limite des royaumes de France et de Belgique, avec le chemin vicinal passant par les communes de Vergnes, Logiès et l'Homoi ;

A l'est, à partir de ce point, par les limites des deux royaumes et par la portion de la ligne de démarcation des territoires d'Hergnies et de Fisnes, comprise entre ces limites et le point H situé sur la rive droite de l'Escaut;

De ce dernier point, par cette rivière jusqu'au point B, extrémité nord de la limite ouest de la concession de Bruille;

De ce point B, jusqu'au point C, intersection de cette limite avec la chaussée Brunehaut;

Au sud, à partir de ce dernier point, par une ligne droite se dirigeant sur le clocher de Nivelles, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de neuf kilomètres carrés, seize hectares.

Ordonnance du 25 août 1836, portant concession des mines d'antimoine sulfuré de LUBILHAC (Haute-Loire). Mines d'antimoine de Lubilhac.

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à M. Pierre Boudon, des mines d'antimoine sulfuré comprises dans les limites ci-après définies, commune de Lubilhac, arrondissement de Brioude (Haute-Loire).

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Lubilhac*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir:

Au sud-est, par une ligne droite menée du village de Lubilhac (au milieu du faîte de la maison Amiral) à Garnigoul (milieu de la maison Bouchet);

Au sud-ouest, par une ligne droite partant de Garnigoul, et se terminant en un point du chemin de Brousse à Prune, distant de 1,040 mètres de l'intersection de ce chemin avec celui de Vernière à Massiac;

A l'ouest, par ledit chemin de Brousse à Prune jusqu'à sa rencontre avec celui de Vernière à Massiac, puis par une droite menée du point de rencontre à Brousse (milieu du faîte de la maison Orfeuil);

Au nord-est, par une droite allant de ce dernier point au sommet du mamelon de Taille-de-Vèze.

Au nord, par une droite menée de ce dernier sommet à la jonction des ruisseaux de Dahut et des Martres ;

Au nord-est, par le dernier de ces deux ruisseaux en le remontant jusqu'aux Martres (angle nord de la maison Nicolas) ;

A l'est, par une droite menée de ce dernier point aux Granges (milieu de la maison Vital-Cornet), et enfin, par une dernière droite aboutissant à Lubilhac au point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 8 kilomètres carrés, 10 hectares.

Cahier des charges de la concession des mines d'antimoine sulfuré de Lubilhac.

(Extrait.)

Art. 2. Les travaux commencés aux lieux dits *Vialle-Vieille*, *Pied-Brut* et *Chadurcet* seront poursuivis. Les galeries de recherches seront poussées de niveau, de manière à pouvoir servir plus tard, s'il y a lieu, de galeries d'écoulement ou de roulage. Elles seront, dans chaque filon, distantes les unes des autres d'au moins vingt mètres, et ne seront mises en communication par puits ou galeries inclinées qu'autant qu'il sera nécessaire pour l'aérage ou le service des travaux préparatoires, et de façon à préparer, pour l'exploitation future, des massifs d'au moins 40 mètres de long sur 20 de large.

Art. 3. Dans le délai d'un an, à partir de l'époque fixée dans l'art. 1er ci-dessus, les anciens travaux de *Dahut-Lubilhac* seront repris à l'aide d'une machine à molettes ou de pompes mues par des chevaux, et l'on procédera, lorsque l'épuisement des eaux sera complet, à la détermination du mode d'exploitation de la masse métallifère.

Haut-fourneau, bocard et patouillet à Osne-le-Val.

Ordonnance du 25 *août* 1836, *portant que* M. Jean-Pierre-Victor André *est autorisé à établir sur le ruisseau de* Curel, *au lieu dit* le Val d'Osne, *commune* d'Osne-le-Val, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne), *un haut-fourneau*, *un bocard à*

mine et un patouillet, pour la fabrication de la fonte moulée; le tout ainsi qu'il est indiqué sur le plan annexé à ladite ordonnance.

Cette ordonnance prescrit l'établissement de bassins pour l'épuration des eaux boueuses à leur sortie du patouillet, et porte que M. André se conformera aux mesures qui pourraient être prescrites par l'administration pour conserver en tout temps à la commune de Curel et aux riverains la limpidité des eaux qui auront servi à l'usine présentement autorisée.

Ordonnance du 3 *septembre* 1836, *qui renvoie au conseil de préfecture de la* Seine, *la connaissance de difficultés élevées à l'occasion d'une machine à vapeur.* Machines à vapeur.

Louis-Philippe, etc.,

Sur le rapport du comité de législation et de justice administrative,

Vu la requête à nous présentée au nom du sieur Ray-Anquetil, filateur de coton, demeurant à Paris, rue des Tournelles et place Royale, n° 12, ladite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 2 avril 1836, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler, pour excès de pouvoirs, un arrêté du préfet de police, du 28 mars 1836, et interprétant ou réformant au besoin l'arrêté du 22 juin 1824, autoriser l'exposant à continuer de faire usage du charbon de Mons, comme par le passé, et non du coke, et, provisoirement, accorder à l'exposant un sursis jusqu'à décision au fond de son pourvoi;

Vu le mémoire ampliatif déposé par le même au secrétariat général de notre conseil d'état, le 2 avril 1836;

Vu les mémoires du même, en date du 22 juin 1836, par lesquels il conclut de nouveau au sursis;

Vu la lettre du préfet de police, du 16 mai 1836;

Vu la sommation faite au sieur Ray-Anquetil, par le commissaire de police du quartier du Marais;

Vu l'arrêté du 22 juin 1824, qui a autorisé la formation de l'établissement du sieur Anquetil;

Vu toutes les autres pièces produites ;

Vu le décret du 16 octobre 1810 ;

Ouï Me Jacquemin, avocat du sieur Ray-Anquetil ;

Ouï M. Boulay (de la Meurthe), remplissant les fonctions du ministère public ;

Considérant qu'il appartenait au préfet de police, en vertu des règlements de la matière et des dispositions même de l'arrêté d'autorisation du 22 juin 1824, de tenir la main à l'exécution des conditions sous lesquelles ladite autorisation avait été accordée ;

Mais que des contestations se sont élevées, tant sur le sens desdites conditions que sur l'exécution qui leur a été donnée par le sieur Anquetil ;

Que l'établissement dont il s'agit est de la troisième classe ;

Qu'aux termes de l'article 8 du décret du 15 octobre 1810, les contestations relatives aux établissements de cette classe sont du ressort des conseils de préfecture ;

Qu'ainsi, en l'état, il n'appartient qu'au conseil de préfecture de la Seine de statuer, en première instance, sur les difficultés élevées à l'occasion de la machine à vapeur du sieur Ray-Anquetil ;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La requête du sieur Ray-Anquetil est rejetée.

Art. 2. Le sieur Ray-Anquetil est renvoyé devant le conseil de préfecture du département de la Seine.

Art. 3. Notre garde des sceaux, ministre de la justice et des cultes, et notre ministre du commerce et des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Haut-fourneau, commune de l'Ile-en-Rigault.

Ordonnance du 4 septembre 1836, ***portant que M. le maréchal duc de*** REGGIO *est autorisé à établir, conformément aux deux plans de masse et de détails annexés à ladite ordonnance, un haut-fourneau dans la forge dite du* NOUVEAU-JEAN-D'HEURS, *située sur la rivière de* SAULX, *commune de* L'ILE-EN-RIGAULT (Meuse).

Ordonnance du 5 *septembre* 1836, *qui accorde un sursis de trois mois à l'exécution d'une décision portant suppression de chaudières à vapeur* (Seine). Chaudières à vapeur.

LOUIS-PHILIPPE, etc.,

Sur le rapport du comité de législation et de justice administrative,

Vu la requête du sieur Michel, fabricant d'impressions sur étoffes, demeurant à Paris, ladite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 10 août 1836, et tendante à ce qu'il nous plaise ordonner provisoirement qu'il sera sursis à l'exécution d'un arrêté du conseil de préfecture de la Seine, du 1er du même mois, lequel a infirmé l'autorisation accordée au requérant par arrêté du préfet de police du 15 mars 1836, pour l'emploi de trois chaudières à vapeur dans sa fabrique, sise rue Neuve-Saint-Paul, nº 3; au fond, annuler ledit arrêté, maintenir en conséquence l'établissement de l'exposant; subsidiairement ordonner une visite des lieux par experts, et prescrire, s'il y a lieu, de nouvelles précautions pour faire cesser les inconvénients dont se plaignent les voisins; plus subsidiairement, accorder à l'exposant un délai d'au moins huit mois pour transférer son établissement;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les arrêtés du préfet de police, en date des 15 mars 1836 et 11 décembre 1830;

Vu la lettre du même en réponse à la communication du pourvoi, ladite lettre enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 24 août 1836;

Vu l'article 3 du règlement du 22 juillet 1806;

Ouï Me Ripaul, avocat du sieur Michel;

Ouï M. Marchand, maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public;

Considérant que l'exécution immédiate de l'arrêté attaqué causerait au sieur Michel un grave préjudice;

Considérant que le sieur Michel a déclaré qu'il était dans l'intention de transférer ailleurs son établissement;

Considérant d'ailleurs qu'il est possible, au moyen de certaines précautions, de diminuer sensiblement, pour les voisins, les inconvénients qu'ils prétendent éprouver;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Il sera sursis pendant trois mois, à compter de ce jour, à l'exécution de l'arrêté du conseil de préfecture du département de la Seine, du 1er août 1836, à charge par le sieur Michel :

1° De ne brûler que du coke ;

2° De se conformer aux conditions prescrites par l'autorisation du préfet de police, du 15 mars 1836, notamment à celle qui consiste à tenir complétement et constamment fermées les fenêtres de son établissement donnant sur la rue Neuve-Saint-Paul, et de n'ouvrir la porte cochère donnant sur la même rue, que pour la nécessité du service, à moins que le sieur Michel ne parvienne, soit par l'emploi de fourneaux d'appel, soit par tout autre moyen d'art, à dévier ou condenser les vapeurs produites par les appareils évaporatoires.

Art. 2. Notre garde des sceaux, ministre de la justice, et notre ministre du commerce et des travaux publics, sont chargés, etc.

Arrêté du ministre des travaux publics, de l'agriculture du commerce, du 24 septembre 1836, portant qu'une demande en concession de mines de houille dans le département de la Vendée *est, quant à présent, considérée comme non avenue.*

Le ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, par intérim ;

Sur le rapport du conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines ;

Vu la demande formée, le 18 avril 1835, par M. Armand-Elséard Bourgnon de Layre, ayant pour but d'obtenir une concession de mines de houille dans le bassin de Vouvant, département de la Vendée ;

Le plan à l'appui, et le certificat constatant le montant des impositions payées par le demandeur ;

L'affiche du 20 mai 1835, et les certificats de publications ;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 31 décembre 1835, et l'avis de l'ingénieur en chef, du 5 février suivant ;

L'avis du préfet du département de la Vendée, du 20 février 1836, lesdits avis concluant à l'ajournement de la concession, pour les motifs qu'une nouvelle exploitation dans cette localité n'aurait pas en ce moment de chances de succès, faute de débouchés et par les désavantages de sa position ; qu'en outre M. de Layre n'a point exécuté de travaux de recherches propres à faire connaître la présence de gîtes houillers exploitables dans le périmètre qu'il indique ;

Les observations produites, le 29 du même mois, par M. Bourgnon de Layre ;

L'avis du conseil général des mines, du 25 août 1836 ;

Considérant que l'incertitude qui existe sur le plus ou moins de réussite qu'aurait, sous le point de vue industriel, l'exploitation d'une nouvelle mine dans le bassin de Vouvant, ne serait pas, à elle seule, une raison suffisante d'ajourner la concession ; qu'il serait en effet souvent difficile de déterminer, par avance, si une exploitation pourra être profitable ; que s'il est convenable et utile que les ingénieurs interviennent auprès des parties par leurs conseils et les éclairent de leur expérience, c'est à elles surtout qu'il appartient de calculer les chances des entreprises qu'elles veulent former ;

Mais considérant qu'en l'absence de tous travaux de recherches opérés par M. de Layre, on ignore s'il existe véritablement une mine à concéder ;

Que la topographie souterraine exécutée par les soins de l'administration dans les bassins de Vouvant et de Chantonnay, a, il est vrai, signalé des affleurements de houille sur la partie du sol qui est sollicitée ; mais que ces affleurements ne constituent pas la preuve de l'existence d'un gîte dans la profondeur ;

Qu'il résulte des dispositions de la loi du 21 avril 1810, et notamment du titre III, intitulé : *Des actes qui précèdent la demande en concession de mines*, qu'il n'y a lieu à concession que lorsque les indications nécessaires sur la présence d'un véritable gîte minéral et ses principales allures se trouvent acquises ; que, dans le cas contraire, des

travaux de recherches sont toujours un préliminaire indispensable ;

Que cette règle a été formellement consacrée par l'instruction ministérielle du 3 août 1810, qui a eu pour objet de pourvoir à l'exécution de cette loi, et par plusieurs décisions intervenues dans des espèces semblables ;

Arrête ce qui suit :

La demande formée par M. Bourgnon de Layre, pour obtenir une concession de mine de houille dans le bassin de Vouvant, est, quant à présent, considérée comme non avenue.

Forge de Pontenx.

Ordonnance du 26 septembre 1836, portant que M. Boyer-Fonfrède, *fils aîné, et ses co-associés, acquéreurs de* M. de Gombault, *sont autorisés à établir dans la forge de* Pontenx, *située dans la commune de ce nom, arrondissement de* Mont-de-Marsan (Landes) :

Deux fours à pudler,

Un four à réchauffer,

Et les laminoirs nécessaires pour la conversion des fers en barres de toute dimension ;

Le tout ainsi qu'il est indiqué au plan joint à ladite ordonnance.

Mines de houille de Pigère et Mazel.

Ordonnance du 6 octobre 1836, portant extension de la concession des mines de houille de Pigère *et* Mazel (Ardèche).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est accordé à la société propriétaire de la concession des mines de houille de Pigère et Mazel (Ardèche), une extension de concession vers le sud-est, et délimitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance :

A partir de l'angle nord du hameau de Mazel, par une ligne droite tirée à la maison Pagès; de ce point, par une ligne droite dirigée sur le mas Pascal, mais seulement jusqu'à l'intersection de ladite ligne, avec le milieu du lit du ruisseau du Vallat de Lacombe; de ce point d'intersection, par le milieu du lit dudit ruisseau, en le remontant jusqu'à une sinuosité désignée sur le plan par la lettre G; de ce point G, par une ligne droite tirée à la carrière de Nadal; enfin par deux lignes droites allant de la carrière de Nadal au mas des Congourdiers et au hameau de Mazel, ces deux dernières lignes faisant partie des limites actuelles de la concession de Pigère et Mazel;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 66 hectares, ce qui porte l'étendue totale de la concession de Pigère et Mazel à 1 kilomètre, 80 hectares, 53 ares.

Art. 7. Conformément à l'engagement qu'ils ont pris dans les pièces produites à l'appui de leur demande, les concessionnaires livreront au public, à toutes les sorties de leurs mines, la houille en mottes au prix maximum de 1 fr. les 100 kilogrammes. Ce prix ne pourra être élevé dans la suite, s'il y a lieu, que par une décision spéciale de notre ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, prise sur le rapport du préfet et sur l'avis de l'administration des mines.

Cahier des charges, relatif à l'extension de la concession des mines de houille de Pigère et Mazel.

(Extrait.)

Art. 3. Un mois après la notification de l'acte de concession, les concessionnaires déposeront, suivant l'engagement qu'ils en ont pris volontairement, à la caisse des dépôts et consignations, un cautionnement de 10,000 fr., comme garantie de l'exécution ci-dessus prescrite. Cette galerie sera ouverte dans le délai de trois mois, à partir de la notification de l'acte de concession, et elle devra être achevée au bout de quatre années au plus tard. Le cautionnement pourra être rendu aux concessionnaires, lorsqu'ils justifieront d'un avancement de 100 mètres de

ladite galerie d'écoulement ; mais s'ils laissent écouler dix-huit mois sans faire cette justification, leur cautionnement demeurera acquis au trésor.

Mines de houille de Montgros.

Ordonnance du 6 *octobre* 1836, *portant concession des mines de houille de* MONTGROS (Ardèche).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à MM. Louis-Henri Colomb, Louis-Cyprien Molines, Jean et Etienne Martin père et fils, Louis-Charles et Marcel Bayle, des mines de houille comprises dans les limites ci-après définies, commune de Banne, département de l'Ardèche.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Montgros*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, à partir de la carrière de Nadal, par une ligne droite tirée à l'angle d'une sinuosité du lit du ruisseau du vallat de Lacombe, point désigné sur les plans par la lettre G ; de ce point, par le milieu du lit du ruisseau, jusqu'à la rencontre d'une ligne droite tirée du mas Pascal à la maison Pagès ; de ce point de rencontre par ladite ligne droite, jusqu'à la maison Pagès (les précédentes limites communes à la concession de Montgros et à la concession de Pigère et Mazel) ; puis par une ligne droite tirée à l'angle nord-est du château de Banne ;

A l'est, par le chemin conduisant du château de Banne à l'église de Banne, et de cette église à St-Paul-le-Jeune, jusqu'à la rencontre de ce chemin, avec la limite de la commune de Saint-Paul-le-Jeune, au confluent des ruisseaux de la Grand-Thine et de Champ-Cheyron ;

Au sud, par la limite commune des territoires de Banne et de Saint-Paul-le-Jeune, en remontant le ruisseau de Champ-Cheyron, traversant le faîte de Montgros et des rochers de l'Oursine, en descendant le ruisseau de Bastrasse jusqu'à son confluent avec le ruisseau de Doulovy ; puis par une ligne droite, tirée à un point situé sur le

ruisseau de Sallefermouse, à 900 mètres en aval de la carrière de Nadal, point marqué M sur les plans;

A l'ouest, à partir de ce point, par le ruisseau de Sallefermouse, en le remontant jusqu'à la carrière de Nadal, point de départ; la présente limite ouest étant commune à la concession de Montgros et à la concession de Sallefermouse;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 3 kilomètres carrés, 36 hectares.

Art. 8. Conformément à l'engagement qu'ils ont pris dans les pièces produites à l'appui de leur demande, les concessionnaires livreront au public, à toutes les sorties de leurs mines, la houille en mottes au prix maximum de 1 fr. les 100 kilogrammes.

Ce prix ne pourra être élevé dans la suite, s'il y a lieu, que par une décision spéciale de notre ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, prise sur le rapport du préfet et sur l'avis de l'administration des mines.

Ordonnance du 6 *octobre* 1836, *portant concession des mines de houille de* Doulovy (Ardèche).

Mines de houille de Doulovy.

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à MM. Jalabert, Montet, Lahoudès et Darasse, des mines de houille comprises dans les limites ci-après définies, commune de Saint-Paul-le-Jeune, département de l'Ardèche.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Doulovy*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir:

Au nord, à partir d'un point situé sur le ruisseau de Sallefermouse, à 900 mètres en aval de la carrière de Nadal, par une ligne droite tirée au confluent du ruisseau de Bastrasse et du ruisseau de Doulovy; puis par la limite commune aux territoires de Saint-Paul-le-Jeune

et de Banne, en remontant le ruisseau de Bastrasse, traversant les rochers de l'Oursine et le faîte de Montgros, et descendant le ruisseau de Champ-Cheyron, jusqu'à son confluent avec le ruisseau de la Grand-Thine ; lesdites limites communes à la concession de Doulovy et à celle de Montgros ;

A l'est, à partir du confluent des ruisseaux de Champ-Cheyron et de la Grand-Thine, par le chemin de Banne à Saint-Paul-le Jeune, jusqu'au hameau des Ayres ;

Au sud, par trois lignes droites tirées du hameau des Ayres, au centre du hameau des Sagnes, à l'extrémité nord du hameau du Frijolet, et au confluent des ruisseaux de Doulovy et de Sallefermouse ;

A l'ouest, par le ruisseau de Sallefermouse, en le remontant jusqu'au point M, lequel est situé à 900 mètres au-dessous de la carrière de Nadal ; cette limite ouest commune à la présente concession de Doulovy et à la concession de Sallefermouse ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 4 kilomètres carrés, 13 hectares.

Art. 8. Conformément à l'engagement qu'ils ont pris dans les pièces produites à l'appui de leur demande, les concessionnaires livreront au public, à toutes les sorties de leurs mines, la houille en mottes au prix maximum de 1 fr. les 100 kilogrammes.

Ce prix ne pourra être élevé dans la suite, s'il y a lieu, que par une décision spéciale de notre ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, prise sur le rapport du préfet et sur l'avis de l'administration des mines.

Usine à fer de la Rixouse.

Ordonnance du 6 *octobre* 1836, *portant que la dame veuve et les héritiers* Boudon, *propriétaires de l'usine à fer de* la Rixouse (Jura), *établie en vertu de l'ordonnance du* 4 *mai* 1823, *sont autorisés à ajouter à cette usine, conformément au plan joint :* 1° *un foyer d'affinage au charbon de bois avec soufflerie, gros marteau et fours à*

chaleur perdue; 2° un système de cylindres de tirerie.

Ordonnance du 6 *octobre* 1836, *portant que* M. Courbet *est autorisé à établir deux lavoirs à cheval pour le lavage du minerai de fer, l'un au lieu dit* le Champ du Vernois, *en remplacement de quatre des huit lavoirs autorisés par l'ordonnance du* 10 *avril* 1831, *et l'autre au lieu dit* le Champ de Vaujoulot, *dans sa propriété, commune de* Choye, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône); Lavoirs à cheval à Choye.

Le tout conformément au plan annexé à ladite ordonnance, qui prescrit l'établissement de bassins pour l'épuration des eaux bourbeuses provenant du lavage du minerai.

Ordonnance du 24 *octobre* 1836, *portant concession des mines de cuivre, plomb et argent de la* Montagne de l'Homme (Hautes-Alpes). Mines de cuivre, plomb et argent de la Montagne de l'Homme.

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à M. Hermenégilde-Joseph-Guillaume Gaignarre de Joursauvault, et Auguste Poulet-Denuys, des mines de cuivre, plomb et argent de la Montagne de l'Homme, sur les communes de la Grave et du Villard d'Arène, département des Hautes-Alpes.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de la Montagne de l'Homme,* est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord et à l'est, par la rivière de la Romanche, depuis son intersection C avec le torrent du Puy-Vachier, jusqu'à sa rencontre A avec le rif de Tabuchet ;

Au sud, par une ligne droite partant dudit point A, passant par le sommet I du pic de la Montagne de l'Homme,

et prolongée jusqu'au point B, situé à 2,000 mètres au delà de ce pic ;

A l'ouest, par une ligne droite menée dudit point B à l'intersection C de la Romanche avec le Puy-Vachier, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 11 kilomètres carrés.

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre, plomb et argent, dites de LA MONTAGNE DE L'HOMME.

(Extrait.)

Art. 2. Parmi les filons découverts ou à découvrir dans le terrain concédé, les uns devant être exploités à ciel ouvert, et les autres par des travaux souterrains, les concessionnaires auront à suivre les deux genres d'exploitation, en se conformant aux règles générales suivantes :

Pour les filons exploitables à ciel ouvert, les tailles seront disposées en gradins droits, et on donnera aux parois des excavations un talus convenable, toutes les fois que le peu de solidité des roches rendra cette précaution nécessaire.

Pour les filons exploitables par travaux souterrains, on les divisera en massifs, par des galeries menées suivant la direction des gîtes. Les massifs seront ensuite enlevés par la méthode des gradins renversés ; on comblera les vides avec les déblais produits par l'exploitation, ou, au besoin, avec les matières apportées du dehors.

Art. 3. Les détails relatifs à chacun des modes d'exploitation indiqués dans l'article précédent seront déterminés, pour chaque gîte séparé, par le préfet du département, sur la proposition des concessionnaires et sur le rapport des ingénieurs des mines.

Mines de cuivre, plomb et argent du Lantaret.

Ordonnance du 24 octobre 1836, portant concession des mines de cuivre, plomb et argent du LANTARET (Hautes-Alpes).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à M. Hermenégilde-Joeph-Guillaume Gaignarre de Joursauvault, Auguste Pouet-Denuys et Charles Roland, des mines de cuivre, plomb t argent dites du Lantaret, situées communes du Monesier et du Villard d'Arène, département des Hautes-lpes.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *conession du Lantaret*, est limitée conformément au plan nnexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite B A I partant du point , angle sud-est de l'hospice de la Magdeleine, passant ar le point A, source de la Guisanne, et prolongée jusu'à son intersection I avec la Romanche ;

A l'ouest, par la rivière de la Romanche, depuis le point l'intersection I jusqu'au point H, situé à 1,500 mètres en mont du point I ;

Au sud, par une ligne menée du point H vers l'est, arallèlement à la ligne B A I, et s'arrêtant au point G listant du premier de 4,200 mètres; puis allant de là vers le sud-est, parallèlement au cours de la Guisanne usqu'au point E, distant de 4,700 mètres, et joignant enfin ce dernier point au clocher du Casset ;

A l'est, par une ligne droite menée du clocher du Casset à l'angle sud-est de l'hospice de la Magdeleine, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 16 kilomètres carrés, 70 hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre, plomb et argent, dites du LANTARET.

(Extrait.)

Art. 2. *Ut suprà.*
Art. 3. *Ut suprà.*

Mines de cuivre, plomb et argent de l'Alp.

Ordonnance du 24 octobre 1836, portant concession des mines de cuivre, plomb et argent de l'Alp (Hautes-Alpes).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à M. Hermenégilde-Joseph-Guillaume Gaignarre de Joursauvault, Auguste Poulet-Denuys et Charles Roland, des mines de cuivre, plomb et argent situées commune de Villard d'Arène, département des Hautes-Alpes.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de l'Alp*, est limitée conformément à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite partant du point P, jonction du ruisseau du col des Cazales avec le ruisseau de Casse-Déserte, et aboutissant au point M, extrémité sud du châlet de l'Alp ;

A l'est, par une ligne droite menée du point M, extrémité sud du châlet de l'Alp, au point N, angle sud-ouest du lac de l'Etoile ;

Au sud, par une ligne droite menée de ce point N, angle sud du lac de l'Etoile, perpendiculairement à la ligne précédente M N, et prolongée du côté de l'ouest jusqu'au point O, distant de N de 1,000 mètres ;

A l'ouest, par une ligne droite tirée dudit point O à la jonction P du ruisseau du col de Cazales et de Casse-Déserte, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 224 hectares, 74 ares.

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre, plomb et argent, dites de l'Alp.

(Extrait.)

Art. 2. *Ut suprà.*
Art. 3. *Ut suprà.*

donnance du 28 octobre 1836, qui règle la rede-vance proportionnelle à payer par abonnement en 1836, 1837 et 1838, pour les mines de houille de LITRY (Calvados).

Mines de houille de Litry.

LOUIS-PHILIPPE, roi des Français,
A tous présents et à venir, salut.
Vu la soumission formée le 16 avril 1836, par les conces-nnaires des mines de houille de Litry, département du lvados, à l'effet de payer la redevance proportionnelle ces mines en 1836, 1837 et 1838, sous forme d'abonne-nt, et sur le pied de 2,600 fr. en principal par année;
L'avis du comité d'évaluation, du 19 mai 1836;
La nouvelle soumission des concessionnaires, en date du juin, élevant l'offre de l'abonnement à 4,500 fr. en ncipal, pour chacune des années ci-dessus indiquées;
La lettre du préfet, du 8 du même mois;
L'avis du conseil général des mines, du 25 août;
Le rapport du directeur général des ponts et chaussées des mines, du 11 septembre 1836, approuvé le 12 du mois, par notre ministre secrétaire d'état du commerce des travaux publics;
Vu l'art. 35 de la loi du 21 avril 1810 et l'art. 34 du cret du 6 mai 1811;
Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des ances,
Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :
Art. 1er. La redevance proportionnelle des mines de uille de Litry, département du Calvados, est réglée, sous me d'abonnement, pendant les années 1836, 1837 et 38, à 4,500 fr. en principal par année.
Art. 2. Notre ministre secrétaire d'état des finances est argé de l'exécution de la présente ordonnance.

---

rdonnance du 4 novembre 1836, portant annu-lation de l'arrêté d'un conseil de préfecture qui avait imposé à la patente un propriétaire de tourbe exploitant dans son propre fonds.

Exploitation de tourbes.

LOUIS-PHILIPPE, etc.,
Sur le rapport du comité de législation et de justice ministrative;

Vu la requête à nous présentée par le sieur Decocq-Ca dick, propriétaire extracteur de tourbes à Saint-Omer, en registrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 20 mai 1835, sous le n° 12,783; ladite requête tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de pré fecture du Pas-de-Calais, du 1er février 1836, qui a main tenu le requérant au rôle des patentes de 1835, en qua lité de marchand de tourbes en gros;

Vu l'arrêté attaqué, ensemble l'avis du maire, du con trôleur et du directeur des contributions directes;

Vu l'avis du directeur des contributions du Pas-de-Ca lais, du 19 mai 1836;

Vu l'avis du préfet, du 23 du même mois;

Vu l'article 29 de la loi du 1er brumaire an VII, et le tarif y annexé;

Ouï M. Boulay (de la Meurthe), maître des requêtes remplissant les fonctions du ministère public;

« Considérant que la loi du 1er brumaire an VII exempt de la patente les propriétaires et cultivateurs faisant la vente des fruits provenant exclusivement de leurs fonds

» Qu'il résulte de l'instruction que le sieur Decocq Cadick se borne à vendre la tourbe provenant de son fonds, et excédant sa propre consommation;

» Notre conseil d'état entendu,

» Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

» *Art.* 1er. L'arrêté du conseil de préfecture du départe ment du Pas-de-Calais, du 1er février 1836, est annulé.

» *Art.* 2. Il sera fait remboursement au sieur Decocq Cadick des sommes par lui indûment payées.

» *Art.* 3. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'état de la justice et des cultes, et notre ministre secré taire d'état des finances, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Bocard et patouillet à Thonnance-les-Joinville.

Ordonnance du 8 *novembre* 1836, *portant qu* M. Evre-Plique *est autorisé à établir, conformémen au plan annexé à ladite ordonnance et à l'empla cement désigné par la lettre E sur ce plan, un bocard et un patouillet, pour le lavage du minera de fer, sur le ruisseau de* Claire-Fontaine, *com*

mune de THONNANCE-LES-JOINVILLE, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne).

Ladite ordonnance prescrit l'établissement de bassins pour l'épuration des eaux bourbeuses provenant du lavage.

Ordonnance du 8 *novembre* 1836, *portant que madame veuve* BATELOT *est autorisée à maintenir en activité le deuxième foyer de chaufferie de martinet, établi dans sa fabrique de taillanderie et de grosse quincaillerie du* MOULIN DES CHAMPS, *commune de* BLAMONT, *arrondissement de* LUNÉVILLE (Meurthe). Fabrique de taillanderie et de quincaillerie, à Blamont

La consistance définitive de cette usine est et demeure fixée conformément aux deux plans joints à ladite ordonnance, à un martinet à trois marteaux, trois foyers de chaufferie, dont deux de martinet et un de maréchallerie, et une paire de soufflets à pistons.

Ordonnance du 8 *novembre* 1836, *portant que* M. Pierre ROSTAING *est autorisé à conserver et tenir en activité, sur une dérivation de la* BLAISE, *commune de* LOUVEMONT, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne), *l'usine à fer qu'il y a établie et qui consiste :* Usine à fer à Louvemont.

1° *En un foyer de forge avec un petit marteau, pour traiter les scories d'affinerie et la vieille ferraille ;*

2° *Deux cylindres crénelés et un volant pour l'étirage du fer destiné à sa clouterie ;*

3° *Un bocard de 4 pilons, pour enlever la rouille adhérente au vieux fer ;*

4° *Une roue hydraulique, qui mettra en mouvement le soufflet de sa forge, le marteau, le bocard et le laminoir.*

Il lui est en outre permis d'établir sur la dérivation A C (plan de situation dressé le 16 *janvier*

1836), *pratiquée sur la rive gauche de son cours d'eau, une deuxième roue destinée à mouvoir des soufflets.*

Resteront annexés à ladite ordonnance le plan de situation et le plan de détails dressé le 28 février 1836, sur lesquels figurent, indépendamment des parties constituantes de l'usine ci-dessus mentionnées, des lavoirs et un fourneau au sujet desquels il est statué par ordonnance spéciale en date du même jour.

Haut-fourneau, à Louvemont.

Ordonnance du 8 *novembre* 1836, *portant que* M. Pierre ROSTAING *est autorisé à établir dans l'enceinte de l'usine dont il est propriétaire, sur une dérivation de la rivière de* BLAISE, *commune de* LOUVEMONT, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne), *un haut-fourneau destiné à la réduction du minerai de fer.*

Lavoirs à bras, à Louvemont.

Ordonnance du 8 *novembre* 1836, *portant que* M. Pierre ROSTAING *est autorisé à établir deux lavoirs à bras, pour la préparation du minerai de fer, sur une dérivation de la rivière de* BLAISE, *dans la commune de* LOUVEMONT, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne).

Ladite ordonnance prescrit l'établissement de bassins pour l'épuration des eaux de lavage.

Bocard, à Biencourt.

Ordonnance du 14 *novembre* 1836, *portant que* MM. PAILLOT *et* DE LAMBEL *sont autorisés à remettre en activité le bocard à mines qu'ils possèdent sur le ruisseau* D'ORGE, *commune de* BIENCOURT (Meuse).

Le plan général et le plan de détails dudit bocard res-

teront annexés à ladite ordonnance, qui prescrit l'établissement d'un bassin d'épuration des eaux qui auront servi au bocardage et au lavage.

L'opération du lavage cessera tous les ans au 15 avril ; elle ne sera reprise qu'après la récolte des regains. L'époque de la reprise sera fixée, chaque année, par le préfet du département, sur le vu de certificats délivrés à la diligence des permissionnaires, par les maires des communes de Biencourt et de Couvertpuis.

Ordonnance du 14 novembre 1836, portant que M. Petit-Guyot *est autorisé à tenir et conserver en activité l'usine à fer de Bley, qu'il possède sur l'étang de* Bley, *dans la commune* d'Auvet, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône). **Usine à fer, à Auvet.**

La consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément aux deux plans annexés à ladite ordonnance, ainsi qu'il suit :

1° Un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer ;

2° Deux patouillets pour le lavage du minerai, mus par une seule roue hydraulique.

Ladite ordonnance prescrit l'établissement de bassins, pour l'épuration des eaux bourbeuses provenant du lavage dans les deux patouillets.

Ordonnance du 15 novembre 1836, portant que M. Charles-François Guénard de la Tour *est autorisé à établir un haut-fourneau pour la fabrication de la fonte de fer, sur la rivière du* Rongeant, *territoire de* Joinville (Haute-Marne), *dans l'emplacement indiqué au plan joint à ladite ordonnance.* **Haut-fourneau à Joinville.**

Patouillet, à Percey-le-Grand.

Ordonnance du 27 novembre 1836, portant que M. Forgeot *est autorisé à tenir et conserver en activité le patouillet qu'il a établi à 50 mètres en aval de l'emplacement indiqué en l'ordonnance du 23 mai 1827, sur la rivière de la* Vingeanne, *près du moulin de* Faas, *dans la commune de* Percey-le-Grand (Haute-Saône).

Le plan produit à l'appui de la demande restera annexé à ladite ordonnance.

Il ne sera fait aucun changement à la hauteur de la tête d'eau réglée par ladite ordonnance et constatée par l'ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement, dans son procès-verbal du 14 décembre 1829.

Haut-fourneau, à Pouilly-sur-Saône.

Ordonnance du 4 décembre 1836, portant que MM. Cordelier et compagnie *sont autorisés à établir, dans la commune de* Pouilly-sur-Saône (Côte-d'Or), *dans l'emplacement indiqué au plan joint à ladite ordonnance, un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer au moyen du charbon de bois, et dont la soufflerie sera mise en mouvement par une machine à vapeur.*

Mines de zinc de Clairac.

Ordonnance du 4 décembre 1836, portant que la renonciation de la compagnie Deveau-Robiac, *à la concession des mines de zinc de* Clairac (Gard), *accordée à cette compagnie par ordonnance royale du 4 avril* 1831, *est acceptée, sauf toutes réserves des droits des tiers.*

Ordonnance du 8 décembre 1836, portant concession des mines de houille de Marly (Nord).

Mines de houille de Marly.

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession à MM. Laurent Méjan, Jean-Pierre baron de Jouffroy, François-Joseph Moreau, Louis Rollin, Charles-Louis Ducas, des mines de houille comprises dans les limites ci-après définies, arrondissement de Valenciennes, département du Nord.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Marly*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'est, à partir du point M, intersection d'une ligne menée du clocher de Famars à la rencontre des deux chemins des Baudeliers et de Plombier, commune de Caroubie, avec une autre ligne menée du clocher d'Étreux au point de jonction N du prolongement de la ligne qui va de Ségourg à Ounaing, avec la limite sud de la concession de Saint-Saulve; puis, de ce point M, par la ligne qui se prolonge jusqu'au point N ci-dessus défini ;

Au nord-ouest, par la partie de la ligne droite allant du village de Crespin à la porte de Mons et comprise entre ce point d'intersection N précité et cette porte ;

De cette même porte, par la partie de la limite est de la concession d'Anzin qui se termine en Z au pont de Triths, c'est-à-dire à l'intersection de l'axe de la rivière de l'Escaut avec le prolongement d'une ligne droite passant par les clochers de l'ancienne chapelle Saint-Léger et de l'église de Triths; ce point d'intersection étant tout à la fois commun aux limites des trois concessions d'Anzin, de Denain et de Douchy ;

Du pont de Triths, par une ligne droite Z X dirigée sur le clocher de Thiant, laquelle ligne forme une partie de la limite sud de la concession de Douchy ;

Au sud-ouest, par une ligne droite allant du clocher de Thiant à celui de Monchaux ;

Enfin au *sud-est*, par deux lignes droites menées, l'une du clocher de Monchaux au clocher de Famars ; l'autre de ce dernier clocher à la rencontre des chemins des Baudeliers et de Plombier, et se terminant en M, point de départ.

La présente concession, dont la ville et les fortifications de Valenciennes ne font point partie, renferme une étendue superficielle de 33 kilomètres, 13 hectares.

Mines de fer de Trouilhas.

Ordonnance du 15 *décembre* 1836, *portant concession des mines de fer de* TROUILHAS (Gard).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait aux titulaires de la concession houillère de la Grand-Combe, Trouilhas, Mas-Dieu et Abylon, concession des mines de fer comprises dans les limites ci-après désignées, arrondissement d'Alais, département du Gard.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des mines de fer de Trouilhas*, est et demeure réunie à la concession houillère qui lui correspond, et ne pourra en être séparée. Elle est limitée, conformément au plan joint à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Par une suite de lignes droites tirées du col de Malpertus au chapeau des Banquisses; de ce dernier point au pic de Puech; du pic de Puech à Las Combes, en prolongeant la ligne jusqu'à sa rencontre en A avec celle qui est menée de la Favède à un autre point B, où la ligne servant de limite aux départements du Gard et de la Lozère coupe la ligne menée de Blannaves à Meyrières; de ce point A à la Favède; de la Favède en suivant le ruisseau Gravelongue jusqu'à son intersection au point F avec la ligne droite tirée du clocher des salles du Gardon à Caravieille, ligne qui sert de limite *ouest* à la concession des mines de fer d'Alais; de ce point E au clocher des salles du Gardon; du clocher des salles du Gardon, une ligne droite sur Meyranes arrêtée au point E où elle rencontre celle menée du Cadacut au pic de la Clède des Astres; de ce point E au pic de la Clède des Astres; du pic de la Clède des Astres au confluent des ruisseaux d'Abylon et des Levades; de ce confluent, en remontant le ruisseau d'Abylon jusqu'au col de Malpertus, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 6 kilomètres carrés, 80 hectares.

Art. 3. La présente concession est faite sous toutes réserves des droits qui résultent pour les propriétaires de la surface des articles 59 et suivants, et de l'article 69 de la loi du 21 avril 1810, tant à l'égard des minerais de fer dits *d'alluvion* que relativement aux minerais en filons ou couches qui seraient situés près de la surface et susceptibles d'être exploités à ciel ouvert, pourvu que ce mode d'exploitation ne rende pas impossible l'exploitation ultérieure par travaux souterrains des minerais placés dans la profondeur.

Sont pareillement réservés tous les droits résultant pour les propriétaires de la surface de l'article 70 de la même loi, à raison des exploitations qui auraient été faites au profit de ces propriétaires antérieurement à la concession.

En cas de contestations entre les propriétaires du sol et les concessionnaires sur la question de savoir si un gîte de minerai doit ou non être exploité à ciel ouvert, ou si ce genre d'exploitation déjà entrepris doit cesser, il sera statué par le préfet sur le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues, sauf le recours au ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce.

Art. 11. Dans le cas prévu par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, où l'exploitation serait restreinte ou suspendue sans cause reconnue légitime, le préfet assignera aux concessionnaires un délai de rigueur qui ne pourra excéder six mois. Faute par les concessionnaires de justifier, dans ce délai, de la reprise d'une exploitation régulière et des moyens de la continuer, il en sera rendu compte, conformément audit article 49, à notre ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, qui nous proposera, s'il y a lieu, dans la forme des règlements d'administration publique, la révocation de l'acte de concession sous toutes réserves des droits des tiers.

Art. 12. Provisoirement, et jusqu'à ce que l'ordonnance de révocation soit rendue, le préfet déterminera, par un arrêté, le mode suivant lequel il conviendra de procéder à l'exploitation des minerais de fer qui seraient nécessaires aux usines du voisinage..

Cet arrêté sera soumis à l'approbation du ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce.

Mines de fer de Trescol.

Ordonnance du 15 décembre 1836, portant concession des mines de fer de TRESCOL (Gard).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait, aux titulaires de la concession houillère de Trescol et Pluzor, concession des mines de fer comprises dans les limites ci-après définies, arrondissement d'Alais, département du Gard.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des mines de fer de Trescol*; est et demeure réunie à la concession houillère qui lui correspond, et ne pourra en être séparée; elle est limitée conformément au plan joint à notre ordonnance de ce jour, qui institue la concession de Trouilhas, ainsi qu'il suit, savoir:

Du col de Malpertus au Chapeau des Banquisses; de ce dernier point au pic de Puech; du pic de Puech à Las Combes, en prolongeant la ligne jusqu'au point A, où elle rencontre celle tirée du village de la Favède, sur un autre point B, où la ligne, servant de limite aux départements du Gard et de la Lozère, coupe la ligne de Blannaves à Meyrières; du point A en suivant la ligne AB, jusqu'au point C, où elle rencontre celle menée de Soustelle à Brannous; de ce point C à Brannous; de Brannous au point où le ruisseau de la Tronche se jette dans le Gardon; de là, en remontant le lit du ruisseau de la Tronche jusqu'à son confluent avec celui de la Rouvière; de ce confluent au point où la ligne tirée de Brannous au Pontis rencontre celle menée du col de Malpertus à la maison de la forêt de Portes; de ce point de rencontre au Pontis; du Pontis à l'assise des Trois Seigneurs; de là, une ligne droite sur Mercoyrol jusqu'à sa rencontre en D, avec une ligne menée du clocher des Salles du Gardon sur Meyranes; de ce point D, ladite ligne de Meyranes aux Salles arrêtée au point E, où elle est coupée par une autre ligne menée du Cadicent au pic de la Clède des Astres; de ce point E par ladite ligne jus-

qu'au pic de la Clède des Astres ; de là au confluent du ruisseau d'Abylon et de celui des Levades ; de ce confluent, en remontant le lit du ruisseau d'Abylon jusqu'au col de Malpertus, point de départ.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de douze kilomètres carrés, quatre-vingt-quatre hectares.

Art. 3.
Art. 11. } *Ut suprà.*
Art. 12.

Ordonnance du 15 *décembre* 1836, *portant concession des mines de fer de* TRELYS et PALMESALADE (Gard). Mines de fer de Trelys et Palmesalade.

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait, à la compagnie des fonderies et forges d'Alais, concession des mines de fer qui existent dans l'enceinte de la concession des mines de houille de Trelys et Palmesalade, instituée par ordonnance royale du 27 août 1828.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des mines de fer de Trelys et Palmesalade*, est et demeure réunie à la concession houillère qui lui correspond, et elle ne pourra en être séparée.

Elle comprend les mêmes limites que celles de cette concession houillère, telles qu'elles ont été fixées par l'ordonnance royale du 27 août 1828 (1) ; lesdites limites

---

(1) *Extrait de l'ordonnance royale du 27 août 1828.*

Art. 1er. Il est fait à la société désignée sous la raison Bérard et compagnie,

Sous le nom de concession de Trelys et Palmesalade,

Concession des mines de houille situées dans l'arrondissement d'Alais (Gard), et comprises dans les limites ci-après :

A l'ouest, à partir du haut Mercoyrol, une suite de lignes droites tirées à l'assise des Trois-Seigneurs ; de l'assise des Trois-Seigneurs à l'église de Notre-Dame-de-Palmesalade, et de Notre-Dame-de-Palmesalade au château de Portes, jusqu'à son intersection avec le prolongement d'une ligne droite tirée de Devois à la Rouvière ;

Au nord, à partir de cette intersection, ladite ligne de la Rouvière à Devois jusqu'à Devois, puis une suite de lignes droi-

renfermant une étendue superficielle de 18 kilomètres carrés, 27 hectares.

Art. 3.
Art. 11. } *Ut suprà.*
Art. 12.

Mines de fer de la Tronche et de la Levade.

Ordonnance du 15 *décembre* 1836, *portant concession des mines de fer de la* TRONCHE *et de la* LEVADE (Gard).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait, aux titulaires de la concession houillère de la Tronche et de la Levade, concession des mines de fer situées dans l'enceinte de leur concession de mines de houille.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des mines de fer de la Tronche et de la Levade*, est et demeure réunie à la concession houillère qui lui correspond, et ne pourra en être séparée.

Elle comprend les mêmes limites que celles de cette concession houillère, telles qu'elles ont été fixées par l'article 4 de l'ordonnance royale précitée, du 7 mai 1817 (1);

---

tes dirigées de Devois à Courcoulouse; de Courcoulouse à Lagrange; de Lagrange à Clamont; cette dernière prolongée jusqu'à la rencontre de la ligne tirée des Bousiges à Peire-Malle, puis cette ligne des Bousiges à Peire-Malle, depuis son intersection avec la ligne précédente jusqu'à Peire-Malle;

A l'est, une ligne droite tirée de Peire-Malle à Saint-Florent, passant par le sommet de Lucan;

Au sud, une ligne droite tirée de Saint-Florent au haut Mercoyrol.

La surface de cette concession est de 18 kilomètres carrés, 27 hectares, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance.

(1) *Extrait de l'ordonnance royale du 7 mai* 1817.

Art. 4. La concession des mines, accordée au sieur Jacques Méjean par l'article 5 de l'ordonnance du 29 novembre 1815, est limitée ainsi qu'il suit:

Par une suite de lignes tirées du confluent des ruisseaux de la Tronche et de la Rouvière à la Valoussière; de la Valoussière à Sainte-Cécile; de là à Blannaves; de Blannaves à Brannons; de Brannons au point où le ruisseau de la Tronche se jette dans le

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 9 kilomètres carrés, 48 hectares.

Art. 3.
Art. 11. } *Ut suprà.*
Art. 12.

Ordonnance du 15 *décembre* 1836, *portant concession des mines de fer de* BLANNAVES (Gard).

Mines de fer de Blannaves.

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait, à la société houillère de la Grand-Combe, de Pluzor et autres concessions réunies, telle qu'elle est constituée par son acte social du 17 février 1833, concession des mines de fer comprises dans les limites ci-après désignées, arrondissement d'Alais, département du Gard.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des mines de fer de Blannaves*, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à notre ordonnance de ce jour, qui institue la concession des mines de fer de Trouilhas, savoir :

A partir du clocher de Sainte-Cécile-d'Andorge, le lit du Gardon, en le remontant jusqu'au point où il est coupé par la ligne séparative des départements du Gard et de la Lozère; de ce point, ladite ligne séparative jusqu'à sa rencontre en B, avec une ligne droite menée de Blannaves à Meyrières; de ce point B, une ligne droite dirigée sur la Favède jusqu'à sa rencontre en C avec une autre ligne droite menée de Soustelle à Brannous; du point C au village de Brannous; de Brannous à Blannaves; de Blannaves au clocher de Sainte-Cécile-d'Andorge, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de neuf kilomètres carrés, 29 hectares.

Art. 3.
Art. 11. } *Ut suprà.*
Art. 12.

Gardon; de ce point en remontant le lit du ruisseau de la Tronche jusqu'à son confluent avec le ruisseau de la Rouvière, point de départ.

Mines de fer de la Fénadou.

Ordonnance du 15 décembre 1836, portant concession des mines de fer de la FÉNADOU (Gard).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait, aux titulaires de la concession houillère de la Fénadou, concession des mines de fer situées dans l'enceinte de leur concession de mines de houille.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des mines de fer de la Fénadou*, est et demeure réunie à la concession houillère qui lui correspond, et ne pourra en être séparée.

Elle comprend les mêmes limites que celles de cette concession houillère, telles qu'elles ont été fixées par l'art. 3 de l'ordonnance royale précitée, du 7 mai 1817 (1);

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 4 kilomètres carrés, 15 hectares.

Art. 3. }
Art. 11. } *Ut suprà.*
Art. 12. }

Mines de fer de Champclauson.

Ordonnance du 15 décembre 1836, portant concession des mines de fer de CHAMPCLAUSON (Gard).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait, aux titulaires de la concession houillère de Champclauson, concession des mines de fer situées dans l'enceinte de leur concession de mines de houille.

---

(1) *Extrait de l'ordonnance royale du 7 mai 1817.*

Art. 3. La concession des mines, accordée au sieur [illegible] Serres, par l'article 4 de l'ordonnance du 29 novembre 1815, est limitée ainsi qu'il suit :

Par une suite de lignes tirées de l'assise des Trois-Seigneurs au Pontil; du Pontil à Brannous, jusqu'au point de rencontre avec la ligne tirée du col de Malpertus à la maison de la forêt de Portes; de ce point de rencontre, par une ligne passant à la maison de la forêt de Portes, et prolongée jusqu'à son intersection avec la ligne tirée de Portes à [illegible]; de ce dernier point d'intersection à Portes; de Portes à Notre-Dame-de-[illegible]salade; de là à l'assise des Trois-Seigneurs, point de départ.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des mines de fer de Champelauson*, est et demeure réunie à la concession houillère qui lui correspond, et ne pourra en être séparée.

Elle comprend les mêmes limites que celles de cette concession houillère, telles qu'elles ont été fixées par l'art. 5 de l'ordonnance royale précitée, du 7 mai 1817 (1);

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 5 kilomètres carrés, 40 hectares.

Art. 3. }
Art. 11. } *Ut suprà.*
Art. 12. }

Ordonnance du 26 décembre 1836, portant que M. Marc-Antoine-Hélène LECOURT *est autorisé à établir, conformément au plan joint à ladite ordonnance, un lavoir à cheval pour le lavage du minerai de fer, sur un terrain qu'il tient à bail de* M. ROCHEFRETTE, *au lieu dit* L'ÉTANG, *dans la commune* D'AUTREY (Haute-Saône).

Lavoir à cheval, à Autrey.

Le bénéfice de ladite autorisation est réservé à M. Rochefrette à l'expiration du bail fait à M. Lecourt, mais sous la condition qu'il se conformera à toutes les conditions imposées à ce dernier.

Ladite ordonnance prescrit l'établissement d'un bassin pour l'épuration des eaux de lavage.

---

(1) *Extrait de l'ordonnance royale du 7 mai 1817.*

Art. 5. L'arrondissement de concession des mines de Champelauson, dont la formation est ordonnée par l'article 6 de l'ordonnance du 29 novembre 1815, est limité ainsi qu'il suit :

A partir du confluent des ruisseaux de la Tronche et de la Rouvière, par une ligne droite tirée à la Valoussière ; de là par une ligne droite tirée à Portes, jusqu'au point où elle est rencontrée par la ligne prolongée, allant du col de Malpertus à la maison de la forêt; de ce point de rencontre, par une ligne droite passant à la maison de la forêt et au col de Malpertus, jusqu'à son intersection avec la ligne tirée du Pontil à Brannous; et de là par une ligne droite tirée au point de départ.

Aciérie rivoise, à Pontcharra.

Ordonnance du 26 décembre 1836, portant que M. Jacques-François Milan *est autorisé à transformer en aciérie rivoise, la forge bergamasque qu'il possède dans la commune de* Pontcharra (Isère).

Cette usine est composée d'un feu de forge à acier, d'un martinet et d'une taillanderie ou étirerie.

Forge d'En-Bas et patouillet, à Chamesson.

Ordonnance du 26 décembre 1836, portant que M. Ravelet *et consorts sont autorisés à conserver et tenir en activité, sur la rivière de la* Seine, *dans la commune de* Chamesson (Côte-d'Or), *l'usine désignée sous le nom de* Forge d'En-Bas, *et qui est et demeure composée :*

1° *D'un haut-fourneau pour la réduction du minerai de fer, allant au charbon de bois;*

2° *De deux feux d'affinerie, également au charbon de bois, pour le traitement de la fonte;*

3° *D'une fenderie;*

Le tout conformément au plan de situation et au plan de détails joints à ladite ordonnance.

M. Ravelet *et consorts sont, en outre, autorisés à établir dans l'emplacement de cette usine, au point indiqué sur le plan d'ensemble, un patouillet destiné au lavage du minerai de fer.*

Ladite ordonnance prescrit l'établissement de quatre bassins pour l'épuration des eaux de lavage.

Forge d'En-Haut, à Chamesson.

Ordonnance du 26 décembre 1836, portant que M. *et* Mme Ravelet-Lebeuf *sont autorisés à conserver et tenir en activité, sur la rivière de la*

SEINE, *dans la commune de* CHAMESSON (Côte-d'Or), *la forge dite* D'EN-HAUT, *et qui est et demeure composée :*

D'un feu d'affinerie au charbon de bois ;

D'un marteau ;

Et de deux roues hydrauliques ;

Le tout conformément au plan annexé à ladite ordonnance.

PERSONNEL.

Ordonnance du roi, du 22 décembre 1836, portant création de deux places d'inspecteur général adjoint dans le corps royal des mines.

Louis-Philippe, roi des Français, à tous présents et à venir, salut :

Vu le décret d'organisation du corps des ingénieurs des mines, du 18 novembre 1810;

Vu notre ordonnance du 27 avril 1832;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics, de l'agriculture et du commerce,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Il sera créé, dans le corps royal des mines, deux places d'inspecteur général adjoint.

Le traitement des inspecteurs généraux adjoints est fixé à huit mille francs.

Art. 2. Le traitement des inspecteurs généraux de 2e classe des mines, est porté à neuf mille francs.

Art. 3. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Par ordonnance du roi, du 22 *décembre* 1836, — M. Berthier, ingénieur en chef de 1re classe au corps royal des mines, est élevé au grade d'inspecteur général de 2e classe.

Par ordonnance du roi, du 22 décembre 1836, — MM. Lefroy, ingénieur en chef-directeur, et Voltz, ingénieur en chef de 1re classe au corps royal des mines, sont nommés inspecteurs généraux adjoints.

Par ordonnance du roi, du 22 *décembre* 1836, — MM. Gabé, Poirier-Saint-Brice, Lefebvre, Thibaud, Lamé, Thirria et Combes, ingénieurs ordinaires de 1re classe, sont élevés au grade d'ingénieur en chef de 2e classe.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 26 décembre 1836, — M. Dufrénoy, ingénieur en chef, est nommé inspecteur des études de l'école royale des mines, en remplacement de M. Lefroy, élevé au grade d'inspecteur général adjoint.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 26 décembre 1836, — MM. Cocquerel, Gueymard, Allou, Chéron, Roussel-Galle et Delsériès, ingénieurs en chef de 2ᵉ classe, sont élevés à la 1ʳᵉ classe de leur grade.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 26 décembre 1836, — MM. Fournel, Duhamel, de Saint-Léger, de Billy, Payen, de Villeneuve, Varin, Vène, Bineau et Leplay, ingénieurs ordinaires de 2ᵉ classe, sont élevés à la 1ʳᵉ classe de leur grade.

Arrêté du 2 janvier 1837, relatif à une nouvelle répartition du territoire de la France en huit divisions d'inspecteurs généraux.

Le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce,

Vu l'ordonnance du 27 avril 1832, qui a fixé à six le nombre des inspecteurs généraux du corps royal des mines;

Vu l'ordonnance du 22 décembre 1836, qui a créé deux inspecteurs généraux adjoints dans le même corps;

Considérant que, par suite de cette dernière disposition, il convient, dans l'intérêt du service et de la plus prompte expédition des affaires, de porter à huit le nombre des divisions minéralogiques du royaume, qui était seulement de six, d'après l'arrêté du ministre de l'intérieur, du 2 juin 1834;

Sur le rapport de M. le conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines,

Arrête ce qui suit :

Art. 1ᵉʳ. Le territoire du royaume est réparti, sous le rapport du service des mines, en huit divisions, conformément au tableau ci-annexé.

Art. 2. Les inspecteurs généraux et les inspecteurs gé-

néraux adjoints seront chargés du service de chacune de ces divisions, ainsi qu'il suit :

M. Cordier, *inspecteur général*,	division du sud-ouest.
M. Brochant de Villiers, *inspecteur général*,	division de l'est.
M. de Bonnard, *inspecteur général*,	division du sud-est.
M. Héricart de Thury, *inspecteur général*,	division du nord.
M. Migneron, *inspecteur général*,	division du centre
M. Berthier, *inspecteur général*,	division de l'ouest.
M. Lefroy, *inspecteur général adjoint*,	division du nord-ouest.
M. Voltz, *inspecteur général adjoint*,	division du nord-est.

Art. 3. M. le conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines, est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Paris, le 2 janvier 1837.

Signé N. MARTIN (du Nord).

SERVICE DES MINES.

Répartition du territoire de la France en huit divisions d'inspecteurs généraux.

DIVISION DU NORD-OUEST.

Calvados.
Manche.
Orne.
Mayenne.
Sarthe.
Côtes-du-Nord.
Finistère.
Morbihan.
Ille-et-Vilaine.
Loire-Inférieure.
Maine-et-Loire.

DIVISION DU NORD.

Seine-Inférieure.
Eure.
Eure-et-Loir.
Seine-et-Oise.
Seine.
Seine-et-Marne.
Nord.
Pas-de-Calais.
Somme.
Aisne.
Oise.

DIVISION DU NORD-EST.

Ardennes.
Meuse.
Marne.
Aube.
Meurthe.
Moselle.
Bas-Rhin.
Vosges.
Haut-Rhin.

DIVISION DE L'OUEST.

Creuse.
Corrèze.
Haute-Vienne.
Charente.
Dordogne.
Charente-Inférieure.
Vendée.
Deux-Sèvres.
Vienne.
Indre-et-Loire.
Loir-et-Cher.
Indre.

DIVISION DU CENTRE.

Loire.
Rhône.
Allier.
Puy-de-Dôme.
Cher.
Nièvre.
Loiret.
Yonne.

DIVISION DE L'EST.

Haute-Saône.
Haute-Marne.
Côte-d'Or.
Saône-et-Loire.
Doubs.
Jura.
Ain.
Haute-Saône.

DIVISION DU SUD-OUEST.

Cantal.
Lot.
Aveyron.
Tarn-et-Garonne.
Tarn.
Haute-Garonne.
Ariége.
Gironde.
Lot-et-Garonne.
Landes.
Basses-Pyrénées.
Gers.
Hautes-Pyrénées.

DIVISION DU SUD-EST.

Isère.
Hautes-Alpes.
Drôme.
Vaucluse.
Basses-Alpes.
Bouches-du-Rhône.
Var.
Ardèche.
Lozère
Gard.
Hérault.
Corse.
Aude.
Pyrénées-Orientales.

Proposé par le conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Paris, le 2 janvier 1837.

Signé LEGRAND.

Approuvé,

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics, de l'agriculture et du commerce,

Signé N. MARTIN (du Nord).

Par décision de M. le conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines, du 9 juillet 1836, — M. Dufrénoy, ingénieur en chef, nommé inspecteur des études de l'école des mines, reste provisoirement chargé des fonctions de secrétaire du conseil de cette école.

Par décision de M. le directeur général du 28 décembre 1836, — M. Berthier, nommé inspecteur général de 2e classe, et M. Combes, promu au grade d'ingénieur en chef de 2e classe, sont maintenus dans leurs fonctions de professeurs à l'école des mines; — MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, ingénieurs en chef, qui étaient adjoints à M. Lefroy pour la conservation des collections, sont nommés conservateurs titulaires, le premier, de la collection minéralogique, et le second, de la collection géologique.

Par décision de M. le directeur général, du 7 janvier 1837, — M. Le Play, ingénieur ordinaire, est nommé secrétaire de la commission des Annales des mines, en remplacement de M. Dufrénoy, appelé à remplir les fonctions d'inspecteur des études de l'école des mines; — M. de Boureuille, ingénieur ordinaire, est nommé secrétaire adjoint de la même commission, en remplacement de M. Le Play.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME X.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

STATISTIQUE. — MATIÈRES DIVERSES.

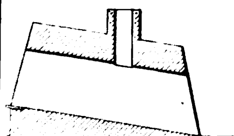
ADMINISTATION.

PLANCHES JOINTES AU TOME X.

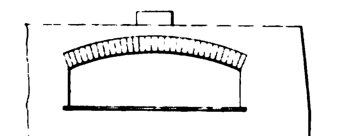
FIN DU TOME X.

Fig. 3.

Fours avec râble et portes en fer du Creusot (Saône et Loire)



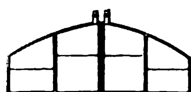
Coupe longitudinale.



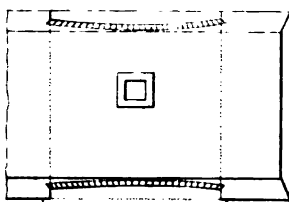
Élévation postérieure



Cadre en fer



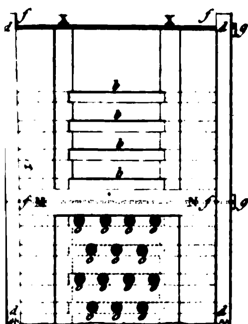
Porte en fer



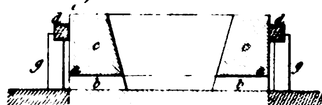
Plan supérieur

Fig. 4.

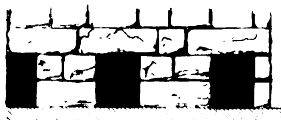
Fours pour la Carbonisation de la Houille maigre.



Plan



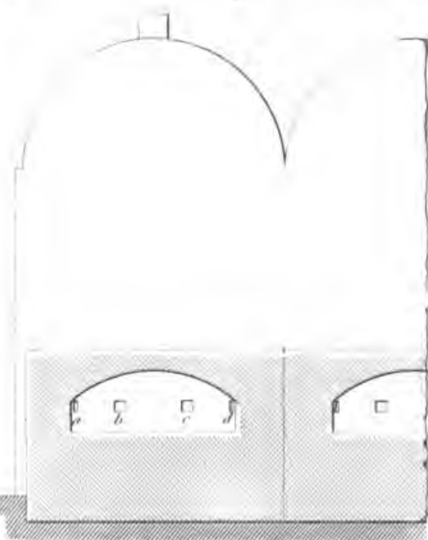
Coupe transversale



Appareil des Carneaux
sur une échelle quadruple.

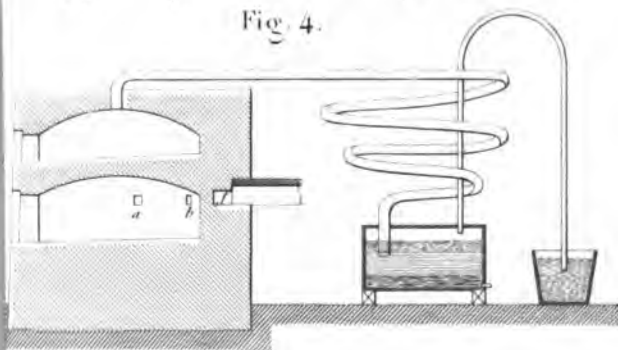
...euille :

...Coupe suivant CD de Fig. 2 et Élévation des Chambres



Appareil pour recueillir le Goudron.

Fig. 4.



Mètres.

...nales

Gravé par Adam

4.

Fig. 7.

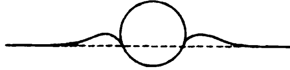
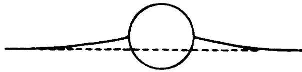
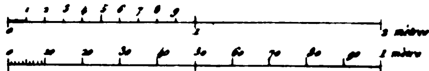


Fig. 8.



Echelle de 0,1 pour 4 mètres Fig. 2 et 4.

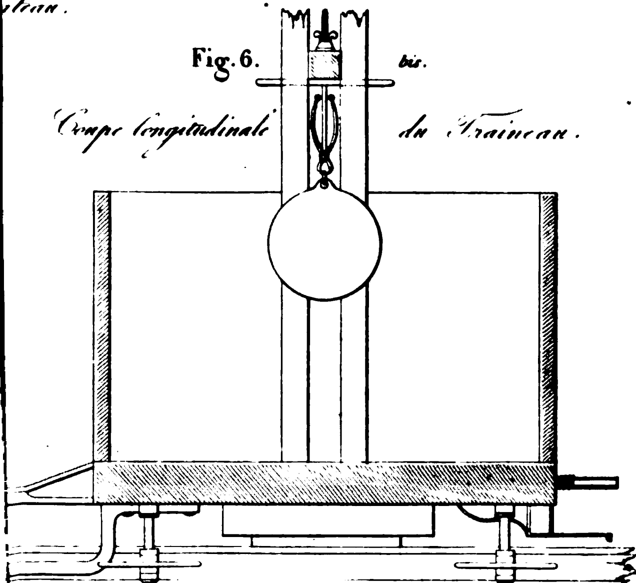


Echelle de 0,1 pour 2 mètres Fig. 6.

plan parallèle
leau.

Fig. 6. bis.

Coupe longitudinale du Traineau.



Dessiné par Boulanger. Gravé par Adam.

le Puech
la Salle
Chemin de Carmeaux à la Cimbournarié
Bosc de la Courtié
Église Ste Cécile
la Moulino
la Carneyole
Cérou R.
Solages
LA TOUR
CARMEAUX
la Verdure
Carmeaux
Merdialou
Candou
Cleuzel
Vieux Castillan
Falgairac
Merdialou
Toulze
Acacia
la Croix h.te
Nouveau Castillan
la Tour
Grand Pré
Chemin dit Guinairette
Montalbo
la Verrerie
Coteau
Fosse neuve
Gaillagues
Landrevié
la Grillatié
Carmeaux
Limbertarié
Chemin de la Bastide à Carmeaux
Ruisseau de Limbertarié
Chemin dit des Carbonies
Ruisseau de Tronquié
Tronquié
Chemin
BLAYE



rons de Carm

Le Can

ux.

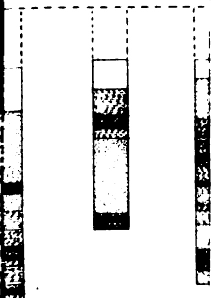
Saugnac

3. Coupe d

R d'Aymer

5. Coupe du Vall

upes des principa



rgile et Houille

rgile et Fer carbonaté

sammite

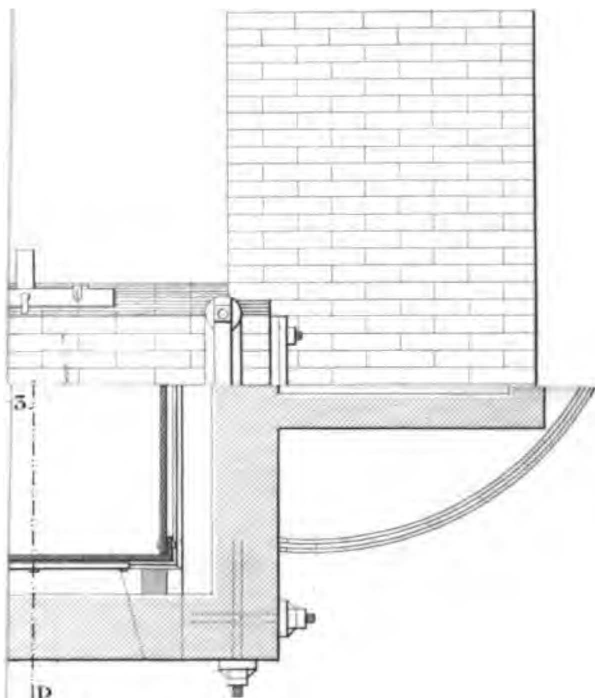
Houille

An

LUR

PL. VI.

d'après le système de Mrs. Houzeau et Fauveau



Pieds.

Dessiné par Théodore Violet. Gravé par Adam

la devant

de la Port

Fig. 10.

Petit Chariot.





...rojection verticale.



Fig...



Emploi de la Tourbe pour la refonte de la fonte de Fer à l'Usine de Kœnigsbrunn (Wurtemberg)

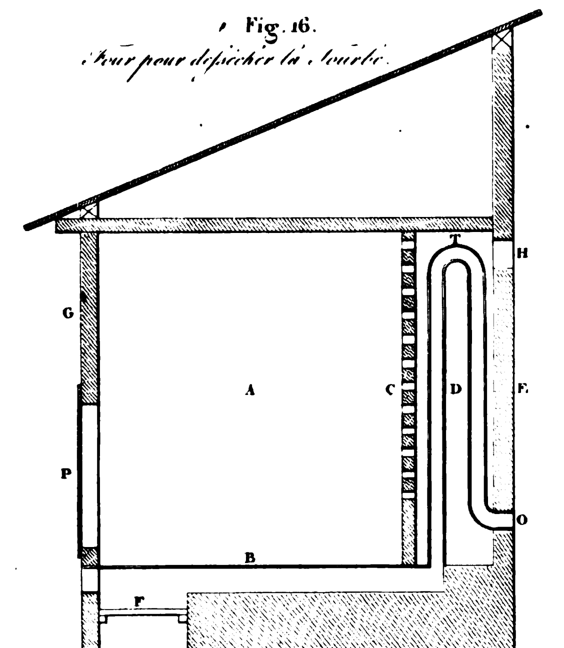
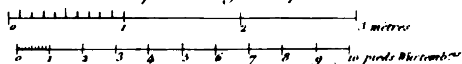


Fig. 16.
Four pour dessécher la Tourbe.

Echelles pour les Fig. 16 et 17.



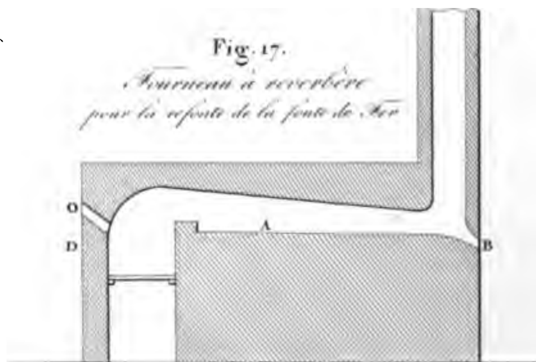
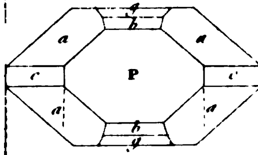


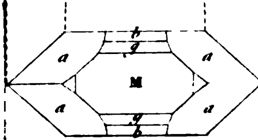
Fig. 17.
Fourneau à réverbère pour la refonte de la fonte de Fer

Gravé par Adam

nite.



Fi



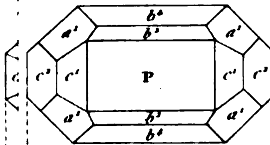
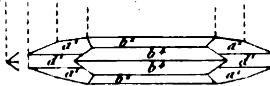


Fig. 4.



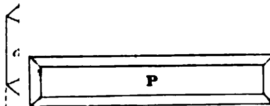


Fig. 7.

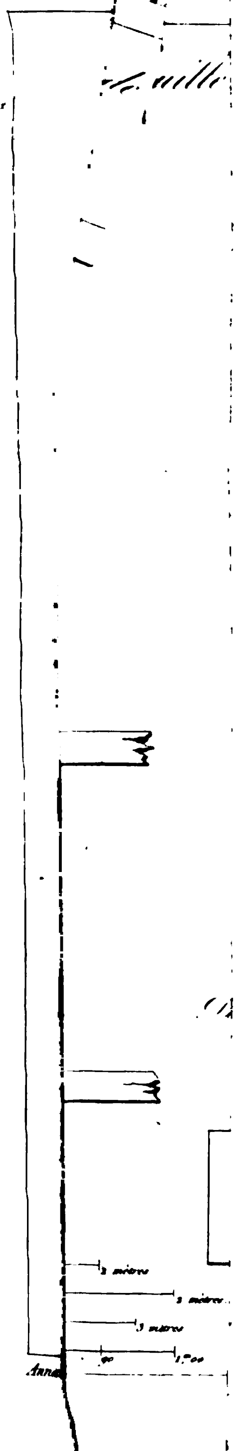
Fig. 9.

du Cornouailles.

de Servox près Chamouni.

de Kapnick. Fig. 9. B. du Mexique.

Gravé par Adam



2 mètres
2 mètres
3 mètres
1.m00

MINES



ine à

y

o

u

a

o

x

Annales

CR